

Analyse eines urbanen Gewässereinzugsgebietes als Planungsgrundlage nachhaltiger Wasserbewirtschaftung am Beispiel der Wuhle im Raum Berlin

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des akademischen Grades
D o k t o r d e r I n g e n i e u r w i s s e n s c h a f t e n (Dr. - Ing.)
im Fach Geographie

eingereicht an der
Mathematisch - Naturwissenschaftliche Fakultät II
der Humboldt - Universität zu Berlin

von
Dipl.-Ing. Christoph Ertl
10.07.1970, Reutlingen

Präsident der Humboldt - Universität zu Berlin
Prof. Dr. Christoph Marksches

Dekan der Mathematisch - Naturwissenschaftlichen Fakultät II
Prof. Dr. Wolfgang Coy

Gutachter: 1. Prof. Dr. G. Nützmann
 2. Prof. Dr.-Ing. E.h. H. H. Hahn, Ph.D.
 3. Prof. Dr.-Ing. D. Jahn

Tag der mündlichen Prüfung: 04.07.2007

Zusammenfassung

Die genaue Kenntnis über den Wasserhaushalt stellt die Grundlage für die Bewirtschaftung der Ressource Wasser innerhalb eines Einzugsgebiets dar. Im urbanen Raum spielen dabei die siedlungshydrologischen Randbedingungen, wie Versiegelung, Anschlussgrad an die Kanalisation oder wasserbauliche Eingriffe, eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Zur Quantifizierung der verschiedenen Wasserhaushaltsgrößen wurde ein konzeptioneller Ansatz entwickelt, der die jeweiligen Randbedingungen berücksichtigt und deren gegenseitige Beeinflussung abbildet. Hierbei muss der Einfluss auf den Wasserhaushalt auch bei veränderten Bedingungen simulierbar sein. Als Untersuchungsgebiet wurde das Gebiet der Wuhle, ein rechter Nebenfluss der Spree, gewählt, da es alle relevanten Aspekte der Wasserwirtschaft beinhaltet. Die Wuhle entspringt auf der Barnim-Grundmoränenhochfläche direkt an der Stadtgrenze von Berlin bei Ahrensfelde und mündet nach etwa 15,7 km Lauflänge im Stadtteil Köpenick in die Spree. Der Ansatz beruht auf der Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen mit Hilfe eines flächendifferenzierten Verfahrens zur Ermittlung des Gesamtabflusses aus Niederschlag abzüglich der Verdunstung sowie dessen Aufteilung in einen oberirdischen und einen unterirdischen Teil. Zur Verifizierung der wasserhaushaltlich bestimmten Abflussgrößen wurden detaillierte hydraulische Untersuchungen an der Wuhle durchgeführt und abschnittsweise interpretiert. Anschließend wurde mit Hilfe der Förderdaten der Wasserwerke eine Grundwasserhaushaltsbilanz durchgeführt. Im Ergebnis ließ sich hydrogeologisch der Anteil an Uferfiltrat an der Gesamtfördermenge ermitteln. Zur Simulation des Einflusses des Wasserhaushaltes und der Grundwassernutzung auf den Grundwasserkörper wurde mit Hilfe des Simulators FEFLOW® eine numerische Modellierung der Strömungsverhältnisse durchgeführt. Die Ausweisung des unterirdischen Einzugsgebietes des Wasserwerks Wuhlheide erfolgte anhand von interpolierten Gleichenplänen auf Grundlage einer Stichtagsmessung. Über den Abgleich der simulierten Grundwasserhöhen mit den Grundwasserständen aus der Stichtagsmessung erfolgte eine zusätzliche Überprüfung der wasserhaushaltlich berechneten Abflussgrößen.

Abstract

The exact knowledge of the water balance is the basis of the water supply and distribution within a catchment area. In an urban area the boundary conditions of the civil engineering like the sewer system or the hydraulic engineering plays an important role. To quantify the water balance a conceptual approach was developed which takes the current conditions and their interdependence into consideration. The impact of changing conditions on the water balance can also be simulated. As investigation area the catchment of the Wuhle River was chosen because it includes all relevant aspects of water management. The Wuhle River has its source on the ground moraine of the Barnim plateau directly at the city boundary in Ahrensfelde and reaches the Spree in the quarter Köpenick after about 15.7 km. This method uses a differentiated calculation by area to determine the total outflow of rainfall minus evaporation. It also determines the submontane and aboveground distribution. For verification purposes detailed hydraulic investigations were carried out at the Wuhle. With the production rate of the waterworks the groundwater balance was then calculated. As a result the amount of bank filtrate of the total groundwater withdrawal was determined in a hydro geological way. Using the simulation software FEFLOW® a numeric model of the flow pattern was created to simulate the influence on the water balance and the groundwater. The displayed subterranean catchment area of the water work Wuhlheide was based on the water table contours which were interpolated from a fixed date measurement of the groundwater heads. By comparing the simulated groundwater heads and the water levels from the fixed date measurement an additional verification of the water balance was realised.

Schlagwörter:

Nachhaltiges Wassermanagement, Wechselwirkung: Grundwasser - Oberflächengewässer, Grundwassermodellierung, Wasserwirtschaftliche Planungsinstrumente

Keywords:

Sustainability in water management, Interaction of ground water and surface water, Groundwater modelling, Decision tools for water management

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Abstract.....	I
Widmung.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einführung und Zielstellung	1
2 Untersuchungsgebiet.....	6
2.1 <i>Hydrogeologie des Untersuchungsgebiets</i>	6
2.1.1 Geologische Verhältnisse	6
2.1.2 Hydrographie.....	11
2.1.3 Grundwasserdynamik	13
2.2 <i>Wasserwirtschaftliche Situation und Entwicklung des Untersuchungsgebietes</i>	16
2.2.1 Historische Entwicklung und aktueller Zustand	16
2.2.2 Wasserwirtschaftliche Ausbaumaßnahmen am Unterlauf der Wuhle	18
2.2.3 Regenwasserableitung im Einzugsgebiet der Wuhle.....	19
2.2.4 Wassergewinnung im Einzugsgebiet - Historischer Überblick und technische Daten	21
2.2.5 Wasserwirtschaftliche Probleme im Einzugsgebiet.....	23
2.2.6 Wasserwirtschaftliche Veränderungen innerhalb des Einzugsgebietes	28
2.3 <i>Gebietsspezifische Präzisierung der Zielstellung</i>	30
3 Methoden und Ergebnisse	32
3.1 <i>Entwicklung eines integrativen methodischen Ansatzes</i>	32
3.2 <i>Hydraulische Untersuchungen zum Wasserhaushalt an der Wuhle</i>	35
3.2.1 Wasserstandsmessungen.....	35
3.2.2 Abflussmessungen.....	40
3.2.3 Ermittlung von Fließzeiten gleich großer Abflüsse	45
3.3 <i>Wasserhaushalt und –bilanz des Untersuchungsgebietes</i>	48
3.3.1 Hydraulik und Kolmationsvorgänge bei der Uferfiltration	48
3.3.2 Uferfiltratanteil an der Gesamtfördermenge.....	51
3.3.3 Methodik zur Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten	52
3.3.4 Quantifizierung der wasserhaushaltlichen Abflusskomponenten	56
3.4 <i>Grundwasserdargebot und –bilanz</i>	58
3.4.1 Methodische Grundlagen.....	58
3.4.2 Grundwasserbilanz des Wasserwerkes Wuhlheide.....	60
3.4.3 Genauigkeit des genutzten Berechnungsverfahrens	63
3.5 <i>Numerische Modellierung</i>	65
3.5.1 Numerisches Grundwassermodell	66
3.5.2 Mathematisches Modell der Grundwasserströmung.....	66
3.5.3 Diskretisierung des Modellgebietes.....	67
3.5.4 Einbindung der Oberflächengewässer	70
3.5.5 Modellkalibrierung.....	71
3.6 <i>Hydrogeologisches Informationssystem (HYGIS) Wuhle</i>	75
4 Diskussion der Ergebnisse	78
5 Ausblick.....	83
6 Literatur	85

Anhang

Danksagung

Lebenslauf

Eidesstattliche Erklärung

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Geologischer Überblick von Berlin und Lage der Wuhle [SenStadt, 1998].....	7
Abb. 2: Verbreitung der innerhalb des oberirdischen Einzugsgebietes der Wuhle auflagernden Schmelzwassersedimente im Hochflächenbereich.....	8
Abb. 3: Stark schematisierter hydrogeologischer Schnitt durch Berlin (aus [Limberg & Thierbach, 1997]).	9
Abb. 4: Geologischer Längsschnitt des Untersuchungsgebietes von NNE nach SW mit Bezeichnung der Grundwassergeringleiter (Kürzel siehe Abb. 3) [nach VEB Hydrogeologie 1976, verändert].....	11
Abb. 5: Hydrographische Übersicht des Untersuchungsgebietes (KA: Klärwerk Falkenberg).....	13
Abb. 6: Übersicht zu Altbohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle (GAUSS/KRÜGER, System 40/83 – BESSEL) mit Angabe der Endteufen und Herkunft der Daten.	15
Abb. 7: Geologische Skizze des unterirdischen EZG der Wasserfassung Wuhlheide mit Verortung der Wasserfassungen.	16
Abb. 8: Darstellung der Entwicklung der Siedlungsstruktur am Unterlauf der Wuhle durch Vergleich der Preußischen Kartenaufnahme von 1869 (linke Bildhälfte) mit dem aktuellen topographischen Kartenwerk [TK 50, 2002].	17
Abb. 9: Historische Abflussverhältnisse der Wuhle an der Messstelle „Honsfelder Straße“.	18
Abb. 10: Wuhleeinzugsgebiete mit Gewässer- und Kanalisationssystem.	20
Abb. 11: Übersicht über die regionale Verteilung von Grundwasserschäden (Feuchte Wände, Kellervernässung) in den Siedlungsgebieten Kaulsdorf-Süd und Mahlsdorf-Süd.	24
Abb. 12: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 9037 im Zeitraum von 15.11.1989 bis 07.12.2001 mit Lage im Gebiet und korrespondierender Reinwasserfördermenge des WW Kaulsdorf.....	25
Abb. 13: Auszug aus der Grundwassersteuerungsverordnung für Berlin.	26
Abb. 14: Trassenverlauf der Abwasserdruckleitung Biesdorf – Waßmannsdorf [BWB, 1999].....	29
Abb. 15: Schematische Darstellung des integrativen Ansatzes zur Gebietsanalyse	33
Abb. 16: Übersicht zur Lage der Messstellen im Unterlauf der Wuhle und Art der Messung (W: Wasserstand; Q: Durchfluss, KA: Klärwerk Falkenberg).	36
Abb. 17: Gegenüberstellung der Wasserstandsdaten der Ultraschallmessanlage und der Ablesungen am Lattenpegel an der Messstelle „Am Bahndamm“ im Zeitraum vom 28.11.2001 bis 17.07.2002.	38
Abb. 18: Gegenüberstellung der Abflüsse (Monatsmittelwerte Juni-September 2001) verschiedener Messstellen (AB = „Am Bahndamm“; Wt = „Wuhletal“; KAF = „KA Falkenberg“; Hon = „Honsfelder Straße“; „+“ = Abflusszunahme; „-“ = Abflussverlust).	43
Abb. 19: Schematische Querschnitte durch die Wuhle mit Wasserspiegellagen und entsprechender Lageskizze [aus UMD, 1997, verändert].....	44
Abb. 20: Zeitgleiche Ganglinien der Zu- und Abflussgrößen der Wuhle.....	47
Abb. 21: Graphische Darstellung der Messgrößen zur Bestimmung der hydraulischen Wechselwirkung zwischen Aquifer und Vorfluter.	50
Abb. 22: Flussdiagramm des Modells ABIMO [Glugla et al., 1999].....	54
Abb. 23: Graphische Darstellung der BAGROV-Gleichung für ausgewählte Werte des Parameters n und Abhängigkeit dieses Parameters von Landnutzung und Bodenart [Glugla & Krahe, 1995]. ..	55
Abb. 24: Langjährige Abflussmittelwerte des Einzugsgebietes (WW Wuhlheide) in Mio. m ³ /a.....	58
Abb. 25: Terminologie und Definitionen bei der Grundwasservorratsermittlung.....	59
Abb. 26: Abflussganglinie der Messstelle „Am Bahndamm“ (Dez. 2002 – Mrz. 2005) nach Einstellung der Einleitung des Klärwerkes Falkenberg.....	61
Abb. 27: Zusammenhang zwischen Uferfiltratmenge und Grundwasserentnahme des Einzugsgebietes der Wasserwerke Wuhlheide und Kaulsdorf aus unterschiedlichen Forschungsarbeiten mit Angabe des ausgewerteten Förderzeitraumes (BfG: [BfG, 1995]; EB 66: [VEB Hydrogeologie, 1966]; EB76: [VEB Hydrogeologie, 1976]).	64
Abb. 28: Finite-Elemente-Netz des Untersuchungsgebietes.	68
Abb. 29: Flächenhafte Verbreitung der verschiedenen quartären Bildungen.....	69
Abb. 30: Flächenhafte Verteilung der Versickerungsmenge RI im städtischen Bereich des Wuhleeinzugsgebietes mit überlagertem Finite-Elemente-Netz.....	70
Abb. 31: Übersicht zur Lage der gemessenen und zur Kalibrierung herangezogenen Grundwassermessstellen.....	71
Abb. 32: Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen Grundwasserhöhen für den Eichzustand Mai 2001 (rote Linie = Kalibrierungsziel).	72
Abb. 33: Häufigkeitsverteilung der Differenz von gemessenen und berechneten Grundwasserständen.	73
Abb. 34: Berechnete Grundwassergleichenkarte des Einzugsgebietes WW Wuhlheide für den	

Eichzustand Mai 2001 mit einem Potenzialabstand von 1 m.	74
Abb. 35: Lage der Meridianstreifensysteme nach Gauß-Krüger in Deutschland.	75
Abb. 36: Farbcodierte Höhendarstellung und Morphologie (Shaded Relief) des weiteren Untersuchungsgebietes.....	76

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Hydrostratigrafie des Känozoikums von Berlin.	8
Tab. 2:	Lage, Nennweite und Sohlenhöhe der Regenwassereinleitungen Wuhle.....	21
Tab. 3:	Wasserstandsmessstellen und -daten	35
Tab. 4:	Vergleich der Wasserstandsdaten „Anfang Wuhlesee“	37
Tab. 5:	Wasserstandshöhen in der unteren Wuhle.....	39
Tab. 6:	Messergebnisse Wuhle mit hoher zeitlicher Auflösung.....	40
Tab. 7:	Monatsmittelwerte der Durchflüsse in der Fließstrecke der Wuhle [m³/s]	41
Tab. 8:	Vergleich der Durchflussmessergebnisse „Am Bahndamm“	45
Tab. 9:	Fließzeiten zwischen „Wuhletal“ km 7,9 und „Am Bahndamm“ km 1,0 (2001).	46
Tab. 10:	Tagesmittelwerte der Abflussmengen verschiedener Messstellen entlang der Wuhle („Zulauf KA Falkenberg“, „Wuhletal“ und „Am Bahndamm“).	47
Tab. 11:	Effektivitätsparameter n und Infiltrationsfaktor F_i für unterschiedliche Belagsklassen ...	53

Widmung

Für Nancy und Tobias.

Abkürzungsverzeichnis

A	Fläche
ABIMO	Abflussbildungsmodell
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BWB	Berliner Wasserbetriebe
CAD	Computer Aided Design (rechnergestützte Konstruktion)
DHHN92	Deutsches Haupthöhennetz 1992
DN	Nennweite
EU	Europäische Union
EZG	Einzugsgebiet
FEM	Finite-Elemente-Methode
FU	Freie Universität Berlin
GIS	Geografisches Informationssystem
GOK	Geländeoberkante
GruWaSteuV	Grundwassersteuerungsverordnung
GW	Grundwasser
HHW	höchster Hochwasserstand
HN	Höhennull bezogen auf Kronstädter Pegel
HYGIS	Hydrogeologisches Informationssystem
IGB	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert eines Gesteins
MEZ	Mitteuropäische Zeit
MHG	Marzahn – Hohenschönhauser - Grenzgraben
MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss
MHW	mittlerer Hochwasserstand
MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluss
MNW	mittlerer Niedrigwasserstand
MoMNQ	mittlere monatliche Niedrigwasserabflüsse
MQ	mittlerer Abfluss
MW	Mittelwasserstand

NHN	Normalhöhennull nach Deutschem Haupthöhennetz 1992
NW	niedrigster Wasserstand
OW	Oberwasser
Q	Abfluss
S	Speichergröße: Speicherung bzw. Abgabe von Wasser infolge von Anstieg bzw. Absenkung der Grundwasseroberfläche bzw. -druckfläche
SenStadt	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie
UW	Unterwasser
UWM	Unterwassermotor
W	Wasserstand
WQB	Wasserstand-Durchfluss-Beziehung
WW	Wasserwerk

1 Einführung und Zielstellung

Die Bewirtschaftung der Wasserressourcen nach den Grundprinzipien nachhaltiger Entwicklung erfolgt unter den Vorgaben, dass Wasser als integraler Bestandteil des Ökosystems eine natürliche Ressource und ein soziales und wirtschaftliches Gut ist. Die Planung der nachhaltigen und rationellen Nutzung, des Schutzes, der Erhaltung und der Bewirtschaftung der Wasserressourcen sollte die Bedürfnisse der Allgemeinheit und die Prioritäten im Rahmen der regionalen wirtschaftlichen Entwicklung berücksichtigen [BMU, 1992]. In Asien, Lateinamerika und Afrika führt die rasend schnelle Entwicklung der Städte zu unkontrollierten Grundwasserentnahmen und zur wahllosen Ablagerung von Abfällen mit dem Ergebnis wachsender Grundwassergefährdung und der Verschlechterung der Grundwasserbeschaffenheit [Chilton et al., 1999, Ellis, 1999]. Infolge des Umstandes, dass zurzeit etwa 50 % der Weltbevölkerung im urbanen Raum lebt, führt diese Entwicklung zu unkalkulierbaren Kosten in der Aufbereitungstechnik sowie zu einer latenten Gefährdung der menschlichen Gesundheit [Foster, 1999]. In der industrialisierten Welt stellen vorhandene Altlasten eine signifikante Bedrohung für das nutzbare Grundwasserdargebot dar. Im städtischen Bereich können durch Änderungen im Förderregime infolge von Grundwasserbeeinträchtigungen oder durch stark sinkenden Trinkwassergebrauch die Grundwasserstände im betroffenen Gebiet so sehr ansteigen, dass es zu einer Gefährdung von Siedlungsflächen kommen kann.

Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) im Jahr 2000 sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, sowohl in den Oberflächengewässern als auch im Grundwasser innerhalb von 15 Jahren einen guten Zustand zu erreichen. Mit dieser Richtlinie haben das Europäische Parlament und der Rat einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik geschaffen. Die EG-WRRL erschien am 22. Dezember 2000 im deutschsprachigen Amtsblatt der Europäischen Union und besitzt damit auch in Deutschland Verbindlichkeit. Gemäß Artikel 4 und den Bestimmungen des Anhanges V sind die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie sowohl der gute quantitative Zustand als auch der gute chemische Zustand des Grundwassers.

In der Region Berlin/Brandenburg nimmt die Grundwasserressource, bedingt durch die fast ausschließliche Deckung des urbanen Trinkwasserbedarfs aus überwiegend oberflächennahen, pleistozänen Grundwasserleitern, eine zentrale Stellung in der regionalen Wasserwirtschaft ein. Die vorhandene Grundwasserbeschaffenheit steht hinsichtlich der Trinkwasseraufbereitung im direkten Zusammenhang mit der Grundwasserverfügbarkeit. Um den natürlichen Grundwasservorrat nicht zu übernutzen, sollte eine Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen nur in der Größenordnung ihrer Regenerierungsfähigkeit liegen. Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung bedeutet also

einerseits Grundwasser als Naturgut in einem möglichst unbeeinflussten Zustand zu belassen, und andererseits die langfristige Sicherung von unterschiedlichsten Nutzungsansprüchen an die Ressource zu gewährleisten. In einer dicht besiedelten und intensiv genutzten Region wie Berlin sind dazu Instrumentarien zur Überwachung der Entwicklung von Menge und Beschaffenheit notwendig.

Der Wasserhaushalt eines urbanen Untersuchungsgebietes ist durch komplexe Ursache-Wirkungsbeziehungen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen beeinflusst. Die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser sind hierbei durch natürliche hydrogeologische Randbedingungen vorgegeben oder durch anthropogene Eingriffe in das natürliche Abflussregime verändert. Im urbanen Raum stellen die siedlungswasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ein nicht zu vernachlässigendes Glied der Wasserhaushaltsbilanz dar [Lerner, 1990, Gehrels et al., 2001, TU Dresden, 2003]. Regenwassermanagement oder die Funktion der Gewässer als Vorfluter von Kläranlagen können das Abflussregime eines Fließgewässers und die Grundwasserneubildung eines Einzugsgebietes stark verändern. Hieraus können erhebliche Unterschiede in der Größe der unterirdischen und oberirdischen Einzugsgebiete resultieren [Nützmann & Mey, 2006].

Die heutigen Aufgabenstellungen in der Hydrologie und Wasserwirtschaft verlangen immer mehr die Betrachtung des gesamten Wasserhaushalts des zu untersuchenden Gebietes. Daher müssen sich Planer wasserwirtschaftlicher Anlagen umfassend mit der Komplexität des Wasserhaushalts befassen, um die Auswirkungen von Änderungen in der Wasserbilanz durch anthropogene Eingriffe sowohl ökonomisch als auch ökologisch zu erfassen. Ein Wasserhaushalts- bzw. Wasserbilanzmodell stellt für die Bearbeitung solcher Aufgaben ein wichtiges Werkzeug dar. Die Bewirtschaftung regionaler Grundwasservorkommen setzt die modellmäßige Beschreibung der Grundwasserströmung voraus. Mit Hilfe numerischer Grundwassermodelle können die Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen abgebildet und deren Einfluss auf Siedlungsflächen oder Ökosysteme beurteilt werden. Zur Abbildung der Grundwasserdynamik eines unterirdischen Einzugsgebietes werden häufig rechnergestützte numerische Simulatoren [McDonald & Harbrauch, 1988; Chiang & Kinzelbach, 2003; Diersch, 1997, Voss & Provost, 2002; Holzbecher, 1996] eingesetzt. Neben dem geologischen Aufbau des Untergrundes ist die Grundwasserneubildung als Restglied der Wasserbilanz eine wesentliche Größe des Gebietswasserhaushaltes und ein wichtiger Eingangsparameter bei der numerischen Modellierung der Strömungsverhältnisse. Zur Berechnung der Grundwasserneubildung stehen in Abhängigkeit vom benötigten Skalierungsmaßstab verschiedenste Verfahrensansätze zur

Verfügung [AK Grundwasser, 1977; Grossmann, 1997; Meyer & Tesmer, 2000 und Armbruster, 2002]. Bei den flächendifferenzierten makroskaligen Verfahren werden Verdunstungsmodelle [Schrey, 1993; Glugla et al. 1976, 1989, 1999, 2001; Renger & Wessolek 1990, 1996; Grossmann, 1998], Direktabflussansätze [Dörhöfer & Josopait, 1980; Kunkel & Wendland, 1998] sowie deterministische Wasserhaushaltsmodelle [Schulla, 1997; Kleeberg & Becker, 1999 oder Bremicker, 2000] unterschieden. Mit Hilfe von einzugsgebietsbezogenen Verfahren zur Abflusssparation [Natermann, 1958; Wundt, 1958; Kille, 1970; Schwarze et al., 1991 und Wittenberg, 1997] kann über den gemessenen Gebietsabfluss am Pegel der Basisabflussanteil ermittelt und unter bestimmten Voraussetzungen der Grundwasserneubildung eines Einzugsgebietes gleichgesetzt werden. Daher werden Separationsansätze häufig zur Plausibilitätsprüfung von flächendifferenzierten Berechnungsverfahren eingesetzt. Die als Referenzgröße dienenden Pegelmessungen sind meist Tageswerte und somit zeitlich deutlich differenzierter als die Ergebnisse der flächenbezogenen Berechnungsergebnisse. Bei den empirischen Separationsansätzen wird der Basisabfluss auf der Grundlage gewässerkundlicher Hauptwerte oder durch die graphische Interpretation der Abflussganglinie bestimmt. Das MoMNQ-Verfahren [Wundt, 1958] setzt die mittleren monatlichen Niedrigwasserabflüsse (MoMNQ) der Grundwasserneubildung gleich. Hierbei kommt es tendenziell zu einer Überschätzung der Grundwasserneubildung, da der MoMNQ auch den Direktabflussanteil beinhaltet. Dies führte zur Entwicklung verschiedener statistischer Korrekturverfahren zur Bestimmung des Basisabflusses [Demuth, 1993; LfW, 1996; Lessmann, 2001 u. Geyh & Struck, 2001]. Die notwendigen Anforderungen zur Durchführung einer solchen Plausibilitätsprüfung, wie Übereinstimmung der oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebiete, geringe anthropogene Beeinflussung oder das Nichtvorhandensein geogener Besonderheiten, sind im urbanen Raum weitestgehend nicht gegeben. Der ermittelte Basisabfluss lässt sich z. B. nicht mit der Grundwasserneubildung eines Einzugsgebietes gleichsetzen, wenn das Einzugsgebiet durch Grundwassernutzung (Wasserwerke) so überprägt ist, dass die Abflussmenge im Fließgewässer durch Uferfiltration verringert wird. Darüber hinaus kann es durch bestimmte hydrogeologische Bedingungen zur Versickerung von Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter entlang der Fließstrecke kommen (effluente Verhältnisse).

Die nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen in urbanen Einzugsgebieten wirft in vielen Städten oft größere Probleme auf, weil das natürliche Abflussgeschehen durch menschliche Eingriffe überprägt wurde. Es bereitet häufig schon Schwierigkeiten klare Zielstellungen zu formulieren, weil es bei einer intensiven urbanen Nutzung des Raumes

nicht mehr möglich ist, die Wiederherstellung des naturnahen Zustandes als erreichbares Ziel anzugeben. In der EG-WRRL wird als Ziel gefordert, das gute ökologische Potenzial einzustellen. Die Praxis zeigt, dass bei der Ableitung von Zielstellungen und den daraus resultierenden Lösungsvorschlägen von den verschiedenen Interessenvertretern ausgewählte fachspezifische Argumentationen in den Vordergrund gestellt werden. Eine integrative Betrachtungsweise unter Beachtung der Grundprinzipien nachhaltiger Entwicklung erfolgt nur unzureichend.

Infolge der komplexen Beziehungen und Wechselwirkungen muss für den urbanen Raum ein Lösungsansatz gefunden werden, den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes zu quantifizieren, und die ihn beeinflussenden wasserwirtschaftlichen Faktoren zu identifizieren und unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit zu bewerten. Einer Bewertung von wasserwirtschaftlichen Managementstrategien muss daher immer eine umfassende und integrative wasserhaushaltliche Analyse der betreffenden Einzugsgebiete vorangehen. Dies bedeutet, dass die Herangehensweisen zur Beurteilung eines Gebietes der einzelnen Fachdisziplinen zusammengeführt werden müssen. Hydrogeologische Erkenntnisse müssen mit hydrologischen Messungen gemeinsam betrachtet und zur ergänzenden Bewertung genutzt werden. Zusätzlich sollten auch geographische Informationssysteme genutzt werden, um die Gebietsdaten und gewonnenen Erkenntnisse einheitlich darstellbar zu machen.

Ziel dieser Arbeit ist es, auf dieser Basis eine integrative Analyse eines urbanen Einzugsgebietes vorzunehmen, die einerseits Lösungsansätze für lokal begrenzte Probleme (Versäuerungsprobleme, Trockenfallen von Feuchtbiotopen etc.) zu entwickeln erlaubt, als auch die Bewertung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen für das Gesamtgebiet ermöglicht. Hierzu muss zuerst die derzeitige wasserwirtschaftliche Situation, aber auch die historische Entwicklung des wasserwirtschaftlich genutzten Raumes, erfasst und ausgewertet werden. Grundlage für die wasserhaushaltliche Analyse sind vorhandene bzw. zu erhebende hydrologische Daten, wie Abflussmengen und Wasserstände der im Gebiet befindlichen Gewässer. Erst über das Verschneiden der Informationen der Einzelsysteme (Siedlungshydrologie/-wasserwirtschaft – Geologie – Grundwasserbewirtschaftung) kann das Gesamtsystem „Urbanes Einzugsgebiet“ verstanden und damit Grundlagen für die nachhaltige Bewirtschaftung erarbeitet werden. Zusätzlich stellt die Erfassung der räumlichen Verteilung der Abflusskomponenten eines Einzugsgebietes und deren Nutzung in einem numerischen Modell zur Grundwasserströmung ein, den Vorgaben der EG-WRRL entsprechendes, Instrumentarium zur Überwachung des quantitativen Zustandes des Grundwassers dar.

Das Innovative an diesem ganzheitlichen Ansatz besteht darin, dass über die

Verknüpfung verschiedener Analyseinstrumente (Messungen, Wasserhaushaltsmodell und numerische Strömungsmodellierung) eine Verifizierung der einzelnen Ergebnisse vorgenommen werden kann. Über die Zuordnung der gemessenen oder berechneten Abflussgrößen zu ihren oberirdischen und unterirdischen Bilanzgebieten können gegenseitige Beeinflussungen erklärt und die Auswirkungen äußerer Veränderungen auf den Wasserhaushalt quantifiziert werden. Eine problemorientierte Präzisierung der Zielstellung erfolgt im Anschluss der Gebietsanalyse.

Für die standortbezogene Anwendung dieser integrativen Methodik wurde das Einzugsgebiet der Wuhle bzw. des Wasserwerks Wuhlheide gewählt, da es alle wesentlichen Aspekte eines durch die Wasserwirtschaft genutzten und beeinflussten Raumes repräsentiert. Das Einzugsgebiet lässt sich durch folgende Merkmale charakterisieren:

- Bestandteil des Untersuchungsgebietes sind zwei Wasserwerke mit den zugehörigen Trinkwasserschutzzonen.
 - Der Untersuchungsraum wird durch ein Fließgewässer, die Wuhle, oberirdisch entwässert. Im Süden erreicht sie den Hauptvorfluter der Region, die Spree.
 - Das Gebiet enthält sowohl Stadt- als auch Umlandgebiet. Alle wesentlichen Siedlungsverdichtungsstufen sind vertreten.
 - Es weist sowohl Teilflächen der Niederung (Berliner Urstromtal) als auch der Hochflächen (Barnim) auf und bildet damit die wesentlichen Strukturelemente der für den Raum Berlin und Umland typischen Landschaften ab.
 - Die Schließung des Klärwerkes Falkenberg erfordert eine Managementstrategie zum Umgang mit dem Schutzgut Wasser.
 - Es kommen verschiedene Arten der Regenwasserbewirtschaftung zur Anwendung.
- Das Untersuchungsgebiet gibt somit repräsentativ das Spannungsfeld zwischen anthropogenen Nutzungsansprüchen und Natur- und Ressourcenschutz wieder.

2 Untersuchungsgebiet

2.1 Hydrogeologie des Untersuchungsgebiets

2.1.1 Geologische Verhältnisse

Das Berliner Landschaftsbild wurde vor allem durch die jüngste der drei großen quartären Inlandvereisungen, der Weichsel-Kaltzeit, geprägt. Durch verschiedene Rückzugsstadien des Gletschers ist das Gebiet der Weichseleiszeit in Brandenburg in drei Abschnitte gegliedert [Woldstedt, 1935]:

1. Brandenburger Stadium
2. Frankfurter Stadium und
3. Pommersches Stadium.

Die Stillstandslagen der Eisränder werden durch besondere Anhäufungen von Moränenschutt (Endmoränen) gekennzeichnet, während im Hinterland die Gesteine unter dem Gletscher teilweise zu einer sandig-tonigen Masse zerquetscht wurden, die noch zahlreiche Geschiebe enthalten kann (Grundmoräne). Dieses Gemenge wird als Geschiebemergel bezeichnet. Vor ca. 20.000 Jahren hatte sich das Gletschereis - aus dem Norden kommend - auf etwa 40 bis 50 km südlich des heutigen Berlins bis zur Eisrandlage des Brandenburger Stadiums vorgeschoben. Mit vereinzelt Unterbrechungen zog sich das Eis nach Norden zur nächsten Stillstandslage auf der Barnim-Hochfläche zurück. Dieser Moränenzug wird als Frankfurter Stadium bezeichnet. Dieses Gebiet wurde aber auch schon durch saalekaltzeitliche Stauchungen geprägt. Das Abflusstal für die Schmelzwässer der Frankfurter Eisrandlage ist das vom Nordwesten nach Südosten verlaufende Warschau-Berliner-Urstromtal. Dieses wird von der Spree durchflossen und südlich von der Teltow-Hochfläche begrenzt (Abb. 1).

Mit dem Abschmelzen des Eises entstanden auf der Barnim-Hochfläche weitere Erosionsrinnen, in denen das Schmelzwasser abfloss (Abb. 2). Diese Rinnen bildeten Grabensysteme, die bis heute teilweise erhalten blieben. Als die letzten eingeschlossenen und verschütteten Eisblöcke bei der weiteren Erwärmung schmolzen, entstanden mit Wasser gefüllte Vertiefungen, welche zum Teil noch heute als Pfuhle vorhanden sind. Diese Landschaftsformung war vor etwa 10 000 Jahren abgeschlossen.

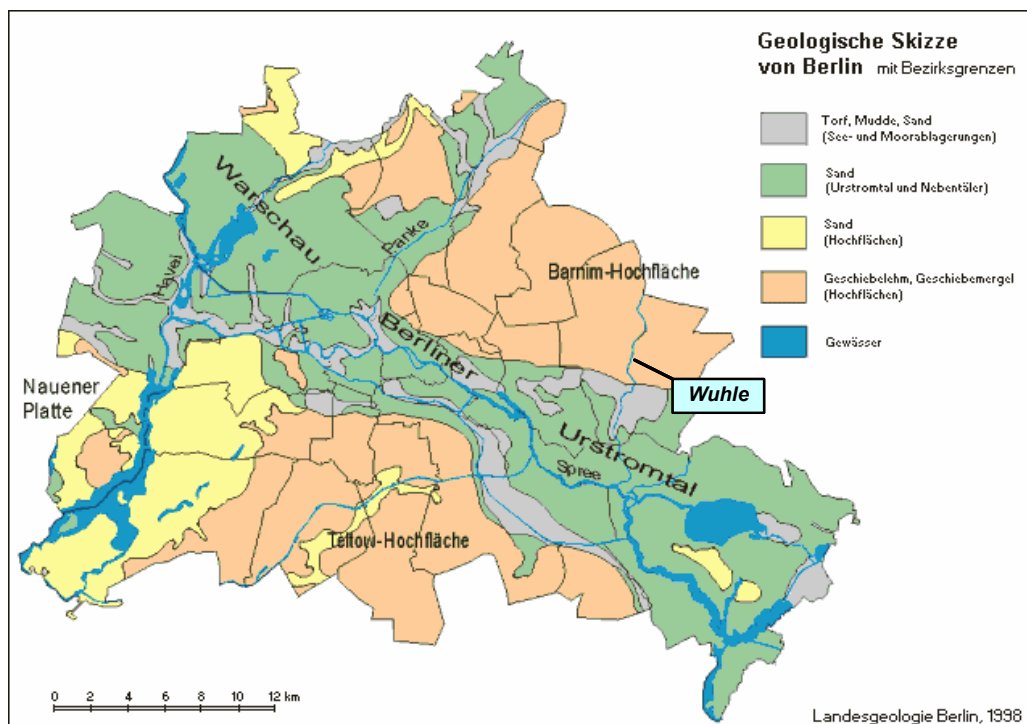


Abb. 1:
Geologischer Überblick von Berlin und Lage der Wuhle [SenStadt, 1998].

Der tiefere Untergrund wird durch tertiäre, elsterkaltzeitliche und saalekaltzeitliche Ablagerungen geprägt. Ihre Mächtigkeit und Verbreitung wird auch von halokinetischen Strukturen (z.B. Rüdersdorf) und altpleistozänen Ausräumungsrinnen stark beeinflusst. Somit werden die hydrogeologischen Verhältnisse durch ein komplexes System von Grundwasserleitern und Grundwasserstauern (Grundwasserhemmern) charakterisiert. Die systematische Untersuchung der lokalen und regionalen hydrogeologischen Verhältnisse im Känozoikum wurde von den Geologischen Landesämtern vorangetrieben und führte zu einem Gliederungsschema der hydrogeologischen Einheiten Norddeutschlands [Manhenke et al., 2001], welches eine wesentliche Grundlage für die von den staatlichen Diensten zu erstellende hydrogeologische Karte der Bundesrepublik Deutschland (M. 1 : 200 000) ist. Diese Karte dient der Umsetzung der EU- Wasserrahmenrichtlinie. In dem erarbeiteten Gliederungsschema wurden alle überregional verbreiteten hydrogeologischen Einheiten des Känozoikums mit einer Bezeichnung versehen [Anhang A]. Für den Berliner Raum wurde diese Gliederung entsprechend den regionalen Gegebenheiten angepasst und jeweils mehrere hydrostratigrafische Einheiten zu fünf übergeordneten, hydraulisch unterscheidbaren Grundwasserleitern (GWL 1 – 5,) zusammengefasst [Limberg & Thierbach, 2002] und in einem stark schematisierten N-S-Schnitt durch Berlin dargestellt (Abb. 3).

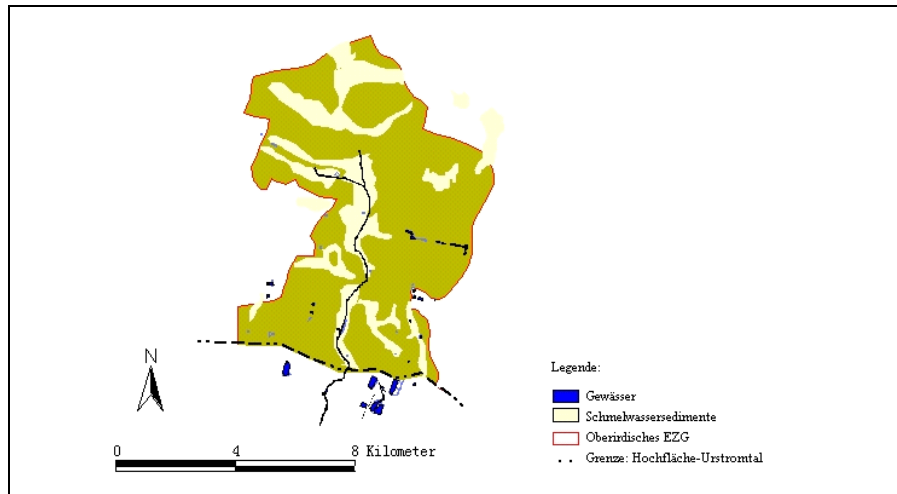
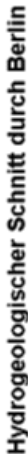


Abb. 2:
Verbreitung der innerhalb des oberirdischen Einzugsgebietes der Wuhle auflagernden Schmelzwassersedimente im Hochflächenbereich.

Tab. 1: Hydrostratigraphie des Känozoikums von Berlin.

Hydrostratigraphische Einheiten H: Grundwasserhemmer L: Grundwasserleiter	Petrografie (überwiegend)	Kurzel	Stratigraphie	Hydraulische Einheiten (GWL)
0	Absraum, Erdaushub, Bauschutt, Müll	y	Holozän	GWL 1 qw - qh
H 1	Torf, Schluff	gh	Holozän	
L 1.1	Sand, Kies	qw, qh	Pleistozän,	
L 1.2	Sand, Kies	qw, qh	Weichsel-Kaltzeit bis Holozän	
L 1.3	Sand, Kies	qw		
H 2	Geschiebemergel	qw	Pleistozän, Weichsel-Kaltzeit	GWL 2 qhol - qw
L 2	Sand, Kies	qsWA-qw	Pleistozän, Saale-bis Weichsel-Kaltzeit	
H 3.1	Geschiebemergel	qsWA	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	
L H 3	Sand, Kies	qsD - qsWA	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	
H 3.2	Geschiebemergel / Schluff, Ton	qsD	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	
L 3.1	Sand, Kies	qhol - qsD	Pleistozän, Holstein-Warmzeit bis Saale-Kaltzeit	
H L 3	Ton, Schluff	qhol	Pleistozän, Holstein-Warmzeit	GWL 3 tmi - qhol
L 3.2	Sand, Kies	qe - qhol	Pleistozän, Elster-Kaltzeit bis Holstein-Warmzeit	
H 4	Geschiebemergel / Schluff, Ton	qe	Pleistozän, Elster-Kaltzeit	
L 4.1	Sand, Kies	qe	Pleistozän, Elster-Kaltzeit	
L 4.2	Sand, Kies	qe	Pleistozän, Elster-Kaltzeit, Rinnenbildung	
L 4.3	Sand	tmiBRo	Tertiär, Miozän	
H 5	Ton, Schluff	tmiBRu	Tertiär, Miozän	GWL 4 tolCO - tmi
L 5	Sand	tmiBRu	Tertiär, Miozän	
H 6	Ton, Schluff	tmiMlu	Tertiär, Miozän	
L 6	Sand	tmiMO, tmiMl	Tertiär, Miozän	
L 7	Sand	tolO, tolCO, tolCOo	Tertiär, Oligozän	GWL 5 teo - tolR
H 8	Ton, Schluff	tolRT, tolo	Tertiär, Oligozän	
L 8	Sand	tolRa, tolSWo, teo	Tertiär, Oligozän, Eozän	



9

Im Pleistozän treten grundsätzlich zwei Grundwasserleiter auf, welche im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes durch den Holsteinschluff hydraulisch voneinander getrennt sind. Nachfolgend werden die für die Grundwasserbewirtschaftung relevanten Grundwasserleiter und -stauer und ggf. nachgewiesene hydraulische Verbindungen beschrieben. Nach der offiziellen Nomenklatur lässt sich das Untersuchungsgebiet hydrostratigrafisch in folgende Grundwasserleiter mit entsprechenden –geringleitern gliedern [VEB Hydrogeologie, 1976]:

Hauptgrundwasserleiter (GWL 2):

Der erste Grundwasserleiter wird aus weichsel- und saalekaltzeitlichen Sedimenten gebildet, welche durch eine etwa 1 m starke, überwiegend aus schluffigen Feinsanden bestehende holozäne Deckschicht überlagert sind. Unterhalb des Holozäns lagern weichselkaltzeitliche mittelsandige Sedimente mit schwankendem Grobsandanteil und einer Mächtigkeit von bis zu 20 m. Eingelagerte Schluff- und Kieslagen sind horizontal nicht aushaltend. Unterlagernd folgen die glazifluviatilen Sedimente der Saalekaltzeit. Diese werden aus grobsandigen Mittelsanden mit wechselndem Feinsandanteil gebildet. Der Hauptgrundwasserleiter ist im Hochflächenbereich durch weichsel- und saalekaltzeitliche Grundmoränen überdeckt, im Urstromtal unbedeckt und teilweise in verschiedene Stockwerke aufgeteilt.

Holsteinschluff (H L 3):

Im Liegenden des ersten Grundwasserleiters lagern die warmzeitlichen Sedimente des Holstein-Interglazials (qhol). Diese Sedimente können als sicherer stratifizierbarer Leithorizont betrachtet werden. Zwischen Elsterglazial (2. Grundwasserleiter) und Saaleglazial (1. Grundwasserleiter) griff die Holsteinsee transgressiv über die kaltzeitlichen Sedimente des Elsterkomplexes. Die abgelagerten limnischen Sedimente bestehen aus einer Wechsellagerung von stark feinsandigen Schluffen und Tonen mit organogenen Einlagerungen (Peodintone) [Lehmann, 1989]. Im Urstromtal durchgehend, unterhalb des Hochflächenbereiches nur lückenhaft vorhanden bzw. durch qsD-Moräne vertreten.

Elsterzeitlicher Grundwasserleiter (GWL 3):

Dieser zweite im Gebiet vorhandene Grundwasserleiter bildet mit dem Hauptgrundwasserleiter lokal ein Stockwerk oder ist mit dem tertiären Grundwasserleiter verbunden.

Elsterzeitlicher Schluff und Geschiebemergel (H 4):

Diese geringleitenden Schichten (qe) sind nahezu lückenlos im Gebiet vertreten.

Tertiärer Grundwasserleiter (GWL 4):

Dieser GWL fehlt im Bereich der tiefen pleistozänen Rinne und wird durch die relativ weitverbreiteten Schluffe und Tone der Formsandgruppe aufgespaltet.

Tertiärer Rupelton (H 8):

Mit Ausnahme der pleistozänen Ausräumungsrinne überall anzutreffen. Mit einer Mächtigkeit von 80 m stellt er eine hydraulische Barriere zum tieferliegenden Salzwasserstockwerk dar.

In Abb. 4 ist ein geologischer Längsschnitt durch das Untersuchungsgebiet von NNE nach SW mit Lithologie und Kennzeichnung der geringleitenden Schichten dargestellt.

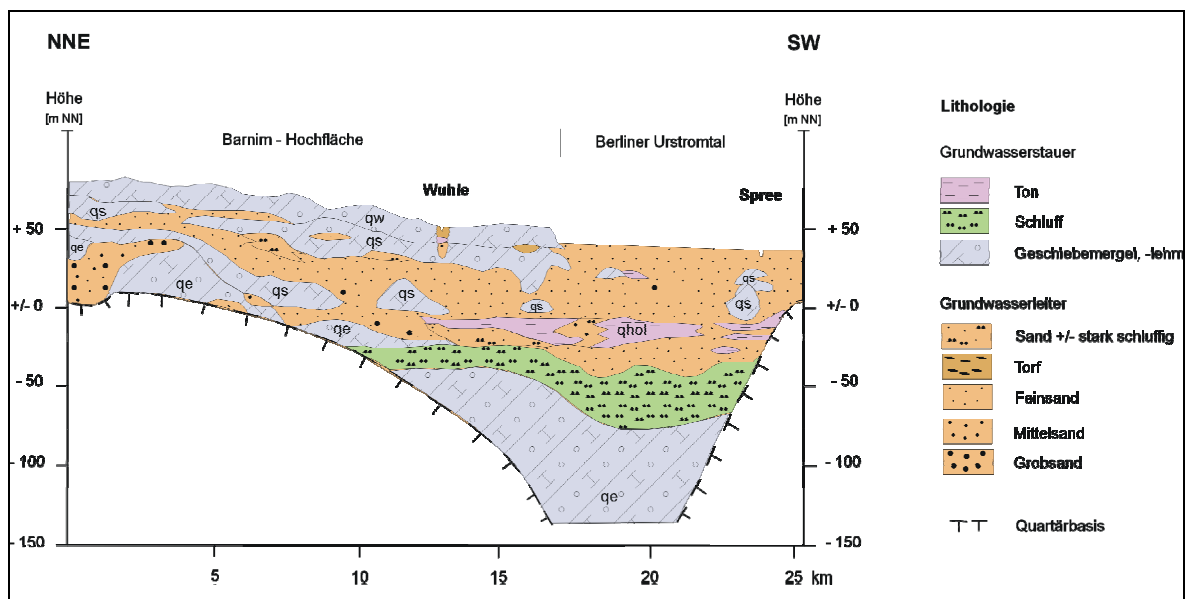


Abb. 4:

Geologischer Längsschnitt des Untersuchungsgebietes von NNE nach SW mit Bezeichnung der Grundwassergeringleiter (Kürzel siehe Abb. 3) [nach VEB Hydrogeologie 1976, verändert].

2.1.2 Hydrographie

Das Quellgebiet der Wuhle liegt auf der Barnimhochfläche im Bereich des Ostfriedhofes bei Ahrensfelde. Die Fließstrecke bis zur Mündung in die Spree südlich der Wuhlheide beträgt 16,4 km. Unterhalb von Ahrensfelde fließt der Wuhle der in der Blumberger Flur entspringende Wuhlegraben zu.

Weiter südlich schließt von Westen her das Seelgrabental an. Hier mündete bis in die 70er Jahre der Südliche Seelgraben in die Wuhle. Anschließend wurde der Seelgraben als Klärwerksableiter ausgebaut. Die Wuhle dükert diesen im nördlichen Bereich der Brücke an der Landsberger Allee und verläuft im weiteren Verlauf etwa sieben Kilometer parallel zur Wuhle westlich des Ableiters. Südöstlich des Kienbergs vereinigen sich der Klärwerksableiter und die Wuhle zwischen dem Wuhleteich und der Cecilienstraße.

Die wasserbehördliche Bezeichnung der Länder Berlin und Brandenburg für die einzelnen Gewässerabschnitte lauten:

- a) „Alte Wuhle“: Ursprünglicher Gewässerlauf der Wuhle bis zur Biesdorfer Höhe
 - b) „Neue Wuhle“: Ausgebauter Klärwerksableiter
 - c) „Wuhle“: Abschnitt nach der Zusammenführung bis zur Mündung in die Spree
- 1990 wurde südlich des Kienbergs der Wuhleteich als künstliches, von der Alten Wuhle durchflossenes Gewässer angelegt. Zusätzlich nimmt der Teich das Wasser des Biesdorf-Marzahner-Grenzgrabens auf.

Kurz vor dem U- und S-Bahnhof Wuhletal befinden sich östlich der Wuhle die Kaulsdorfer Klärteiche. Diese drei (ehemals sechs) Teiche stellen ein Relikt der Rieselfeldbewirtschaftung von 1882 bis 1969 in diesem Gebiet dar.

Unterhalb der Bundesstraße B 1/5 tritt die Wuhle von der Barnim-Hochfläche in das Warschau-Berliner-Urstromtal über (Abb. 5). In Fließrichtung links befindet sich das Landschaftsschutzgebiet „Kaulsdorfer Seen“. In den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden im Gebiet zunehmend größere Bodenentnahmen zur Sand- und Kiesförderung geschaffen. Als erstes entstanden so im Jahre 1935 der Butzsee und drei Jahre später der Habermannsee. Ihre heutigen Tiefen betragen 5 – 8 m. Der flache Kiessee (ehem. Baggersee) mit einer Tiefe von 1 – 2 m wurde in den sechziger Jahren angelegt. Zwischen Habermann- und Kiessee befindet sich ein schmaler Sandrücken, der je nach Wasserstand der Seen überflutet wird. Die Ausbaggerung des Elsensees begann 1978 und seine maximale Tiefe beträgt 12 m. 1999 wurde am Habermannsee eine Pumpstation zur Möglichkeit der Wasserstandssteuerung errichtet. Von hier wird Seewasser über eine Leitung zur Heese-/Heerstraße in die Wuhle abgeleitet (vgl. Kap. 2.2.5.1). Zwei Kilometer westlich der Wuhle, auf Höhe der Kaulsdorfer Seen, befindet sich der Biesdorfer Baggersee. Auch das Wasser des Biesdorfer Baggersees wird über eine Kanalleitung an der Wuhleblase in die Wuhle geleitet. Die Wuhleblase befindet sich unterhalb des kaskadenförmigen Absturzes an der Heese-/Heerstraße.

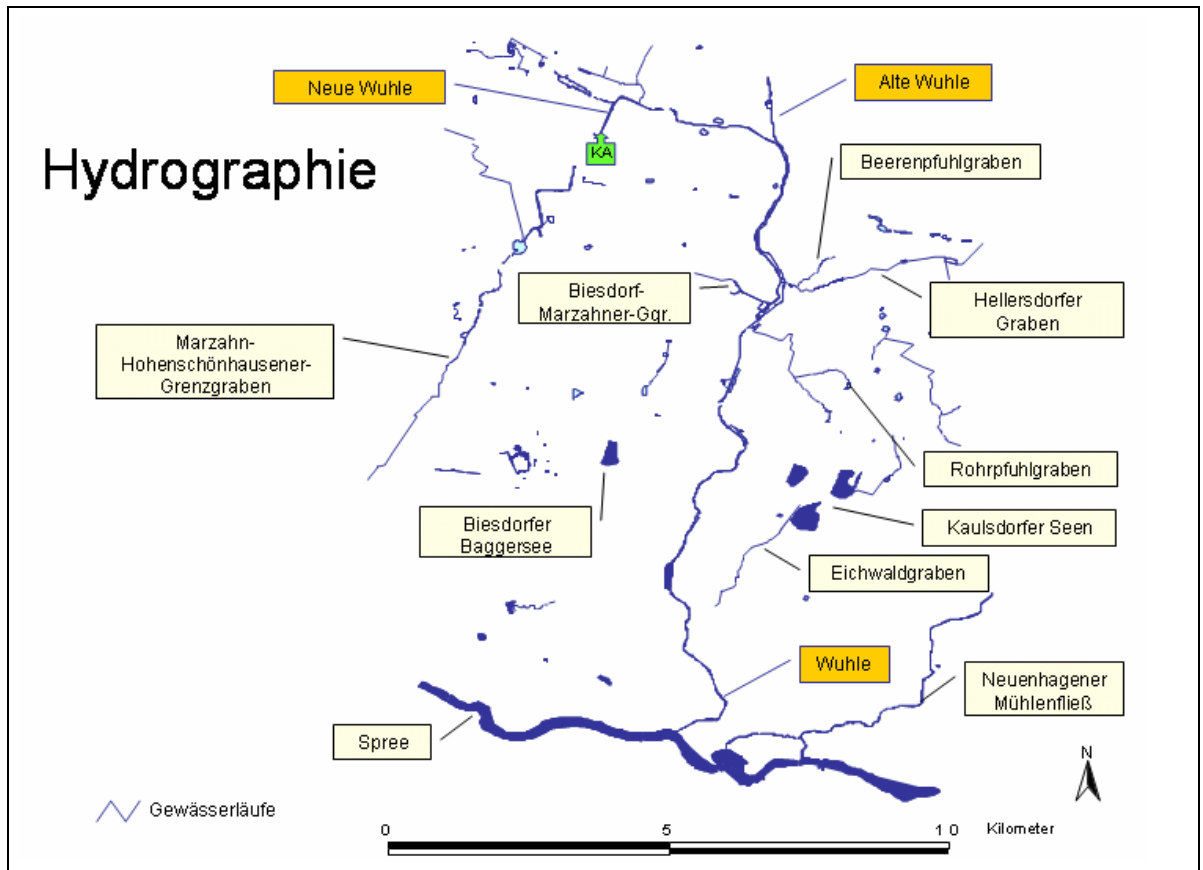


Abb. 5:
Hydrographische Übersicht des Untersuchungsgebietes (KA: Klärwerk Falkenberg).

2.1.3 Grundwasserdynamik

Zur Ermittlung der hydrodynamischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wurde am 15. Mai 2001 eine Stichtagsmessung der im Einzugsgebiet der Wuhle befindlichen Grundwasserbeobachtungsrohre durchgeführt. Hierzu wurden die Grundwasserhöhen von insgesamt über 200 Grundwassermessstellen aus der Grundwasserdatenbank Berlin der Senatsverwaltung (Abteilung VIII – Integrativer Umweltschutz) genutzt. Ergänzend hierzu wurde nach einer Recherche von hydrogeologischen Altbohrungen im Einzugsgebiet (siehe Abb. 6 und Anhang B) eine Messung der nicht im Messnetz der Senatsverwaltung befindlichen Pegel vorgenommen. Die so ermittelten Grundwasserstände konnten nach Stockwerkszuordnung zur Kalibrierung des numerischen Strömungsmodells genutzt werden (s. Kap. 3.5.5).

Das unterirdische Einzugsgebiet des Wasserwerks Wuhlheide (EZG Wu) erstreckt sich von der Spree in Richtung NNE bis zur Hauptgrundwasserscheide des Barnim zwischen Spree und Oder (Abb. 7). Seine Größe wurde auf der Grundlage von verschiedenen früheren Untersuchungen anhand von Grundwasserisohypsenplänen festgelegt und beträgt etwa 131 km² und gehört damit zum oberen erweiterten Mesoskalenbereich der Hydrologie [Becker, 1992].

Hierdurch wird ein quasistationärer Zustand des Einzugsgebietes angenommen. Diese Annahme ist vertretbar, da die Fördermengen der Wasserwerke indirekt infolge der Grundwassersteuerungsverordnung (Kap. 2.2.5.2) weitestgehend festgeschrieben worden sind. Im östlichen Bereich bildet sich eine hydraulisch bedingte Grundwasserscheide aus, welche die Grenze zwischen den Einzugsgebieten der Wasserwerke Wuhlheide und Friedrichshagen darstellt. Das Einzugsgebiet des Wasserwerks Kaulsdorf liegt innerhalb des Einzugsgebiets des Wasserwerks Wuhlheide und erstreckt sich in nördlicher Richtung etwa 17 km bis zur Hauptwasserscheide.

Die in vorhandenen, in Form von Grundwasserisohypsenplänen (z. B.: Umweltatlas der Stadt Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/id212.htm>) dargestellte Grundwasserströmung verläuft im Hochflächenbereich weitgehend ungestört gleichmäßig von NNE nach SSW. Das Gefälle liegt hier zwischen 3,3 und 4,2 ‰. Im Urstromtal bestimmen die Absenktrichter der beiden Wasserwerke und das tief eingeschnittene Wuhleprofil die Grundwasserdynamik.

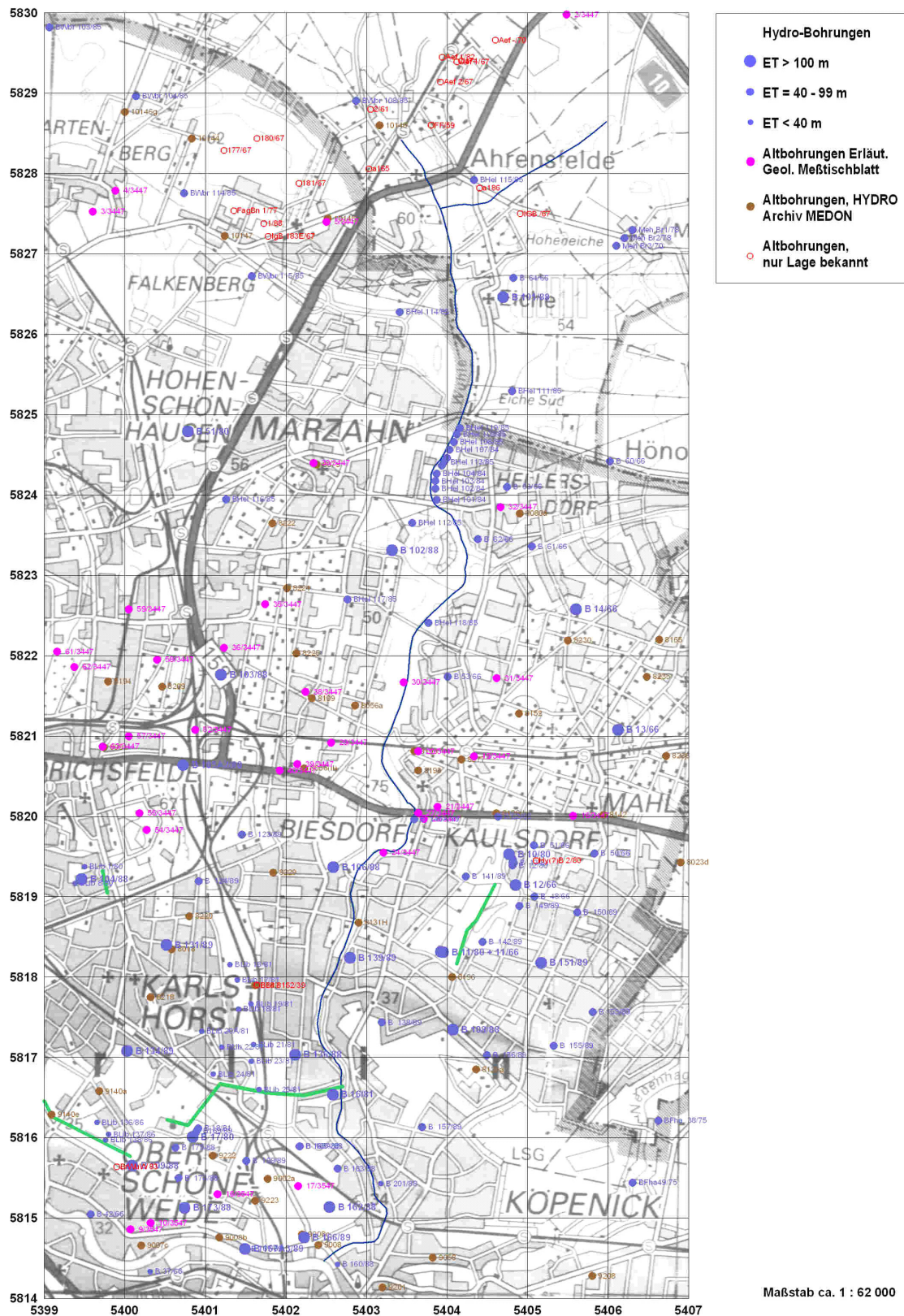


Abb. 6:
Übersicht zu Altbohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle (GAUSS/KRÜGER, System 40/83 – BESSEL) mit Angabe der Endteufen und Herkunft der Daten.

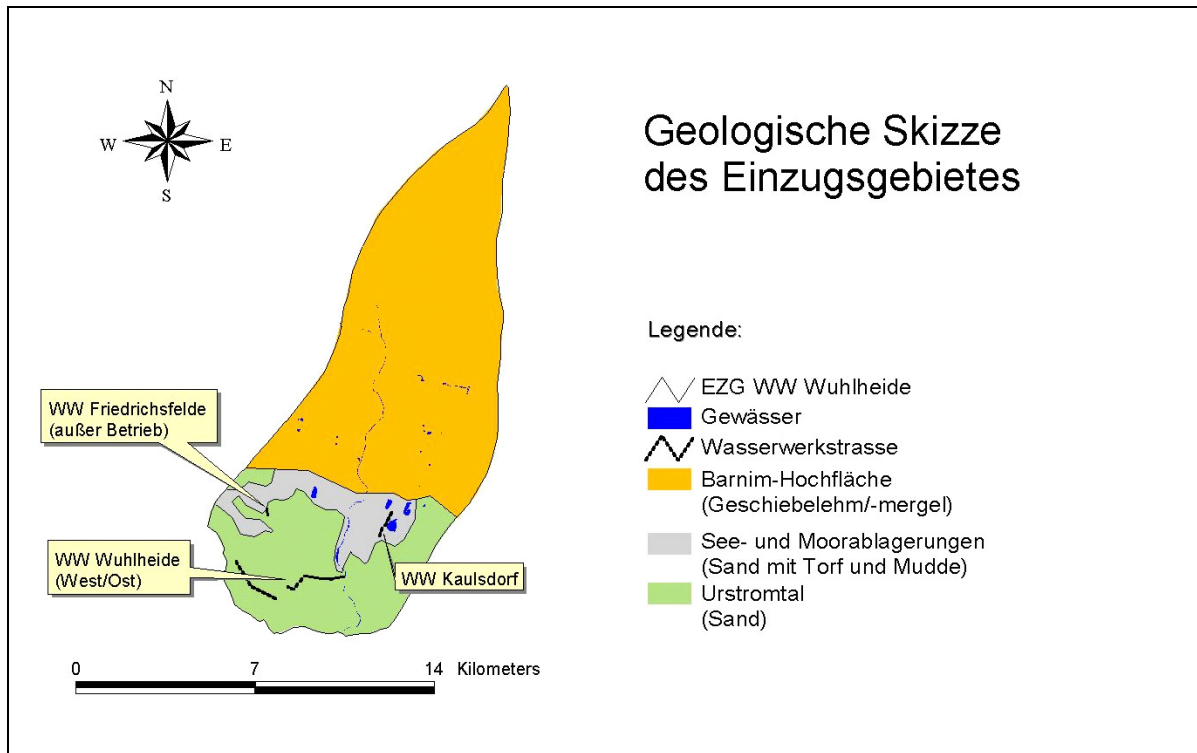


Abb. 7:
Geologische Skizze des unterirdischen EZG der Wasserfassung Wuhlheide mit Verortung der Wasserfassungen.

2.2 Wasserwirtschaftliche Situation und Entwicklung des Untersuchungsgebietes

Dieses Kapitel soll dazu dienen, eine Zusammenfassung über die jetzige wasserwirtschaftliche Situation im Einzugsgebiet der Wuhle zu geben. Hierbei wird sowohl die historische Entwicklung des Gebietes als auch der jetzige Ist-Zustand dargestellt. Ebenfalls sollen aus der wasserwirtschaftlichen Nutzung resultierende Probleme über die Verschneidung der erhobenen Daten (z. B. Grundwassernutzung und Flurabstände) identifiziert und aufgezeigt werden.

2.2.1 Historische Entwicklung und aktueller Zustand

In den vergangenen 120 Jahren erfolgten im Einzugsgebiet der Wuhle wesentliche wasserwirtschaftliche Eingriffe:

- 1882/83 Bau des Rieselfeldes Falkenberg mit einer Größe von 930 ha
- 1893 Bau des Rieselfeldes Hellersdorf mit einer Größe von 737 ha
- 1914 Inbetriebnahme des Wasserwerkes Wuhlheide mit 64.000 m³/d
- 1916 Inbetriebnahme des Wasserwerkes Kaulsdorf mit 20.000 m³/d
- 1922 Inbetriebnahme des Wasserwerkes Friedrichsfelde mit 20.000 m³/d
- 1968 Inbetriebnahme des Klärwerkes Falkenberg

Die Bildung von Groß-Berlin 1921 führte im unteren Teil des Einzugsgebietes zu erheblicher Entwicklung der Besiedelung (Abb. 8). Es entstanden die Stadtbezirke Köpenick und Lichtenberg. Aus dem Stadtbezirk Lichtenberg entwickelte sich später der Stadtbezirk Marzahn und danach durch Teilung auch Hellersdorf, jetzt Hellersdorf/Marzahn.

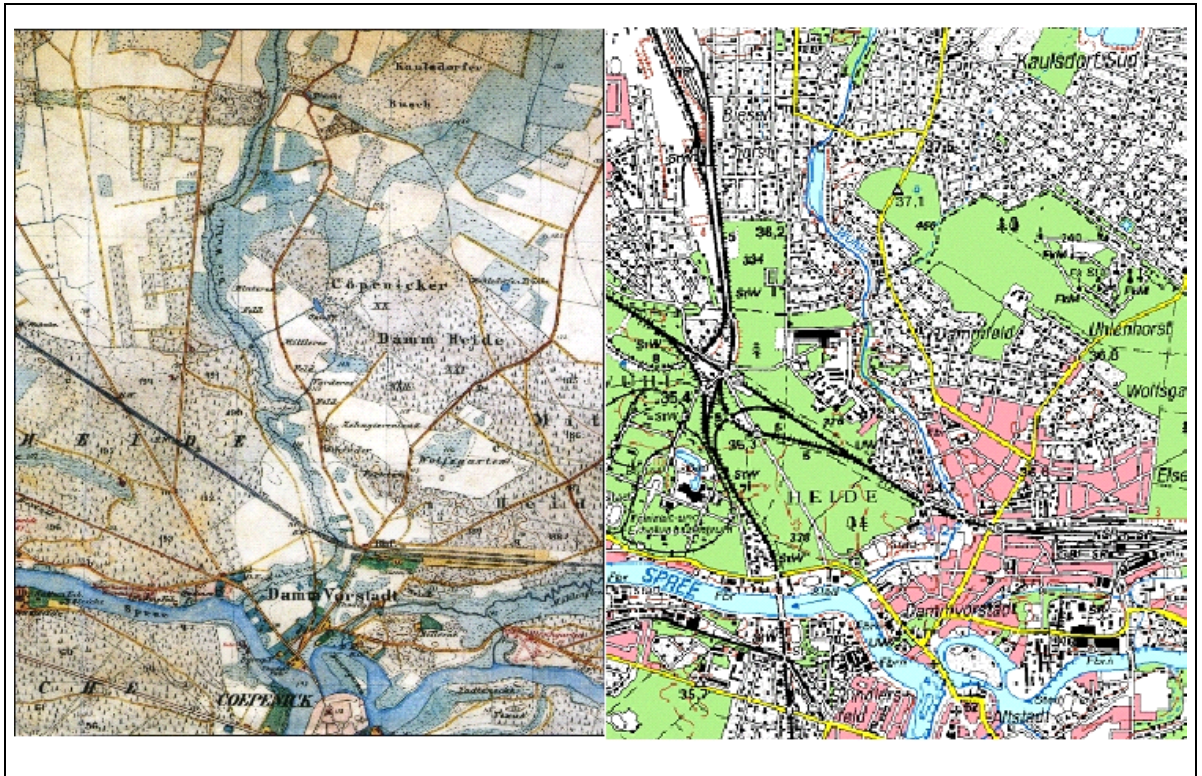


Abb. 8:
Darstellung der Entwicklung der Siedlungsstruktur am Unterlauf der Wuhle durch Vergleich der Preußischen Kartenaufnahme von 1869 (linke Bildhälfte) mit dem aktuellen topographischen Kartenwerk [TK 50, 2002].

Seit 1927 erfolgte der Bau der Kanalisation in den Stadtteilen Köpenick, Mahlsdorf, Kaulsdorf-Süd und Biesdorf-Süd mit der Besonderheit, dass die Regenwasserkanalisation von den dichtbesiedelten Gebieten aus gebaut wurde und zum Teil auch gegenwärtig zu den Oberflächengewässern noch keine direkte Verbindung hat. Die hieraus resultierenden Probleme für die Siedlungsflächen werden in Kap. 2.2.5.1 erläutert und dargestellt.

Im Mündungsbereich der Wuhle erfolgte 1952 für den besseren Abfluss der Regenwasserkanalisation bis zum Biesdorfer Baggersee eine grundlegende Tieferlegung und Begradigung. Wesentliche Vernässungsprobleme bestehen aber noch südlich der Kaulsdorfer Seen und oberhalb der Dammheide.

1968 führte die Inbetriebnahme des Klärwerks Falkenberg mit einer Reinigungsleistung von 100.000 m³/d bei Trockenwetter durch Schaffung einer Ableitung über den Marzahn-Hohenschönhauser-Grenzgraben (MHG) zur Außerbetriebnahme der Rieselfelder

Falkenberg und Hellersdorf. In den 70iger Jahren wurde oberhalb der Bundesstraße B1/B5 der Klärwerksableiter gebaut, der auf Höhe der Landsberger Allee von der Alten Wuhle gedükert wird und anschließend auf ca. 7 km parallel zu ihr verläuft. Die Ableitung über den MHG wurde danach eingestellt. Am Ausgang der Kläranlage Falkenberg wurde eine Beregnungspumpstation mit Speicherbecken errichtet, um bis zu 100.000 m³/d mechanisch-biologisch aufbereitetes Abwasser in den Raum Bernau, Eberswalde und Bad Freienwalde überzuleiten [Papke, 1982]. Nach 1990 wurde der Betrieb dieser Abwasserüberleitung eingestellt. Die aus den veränderten wasserwirtschaftlichen Randbedingungen resultierenden Abflussverhältnisse in der Wuhle sind in Abb. 9 als MQ für den Zeitraum 1964 bis 1992 dargestellt.

Auf den ehemaligen Rieselfeldern Falkenberg und Hellersdorf entstanden die Stadtbezirke Marzahn und Hellersdorf, deren Regenwasserkanalisation auch in den Klärwerksableiter mündet.

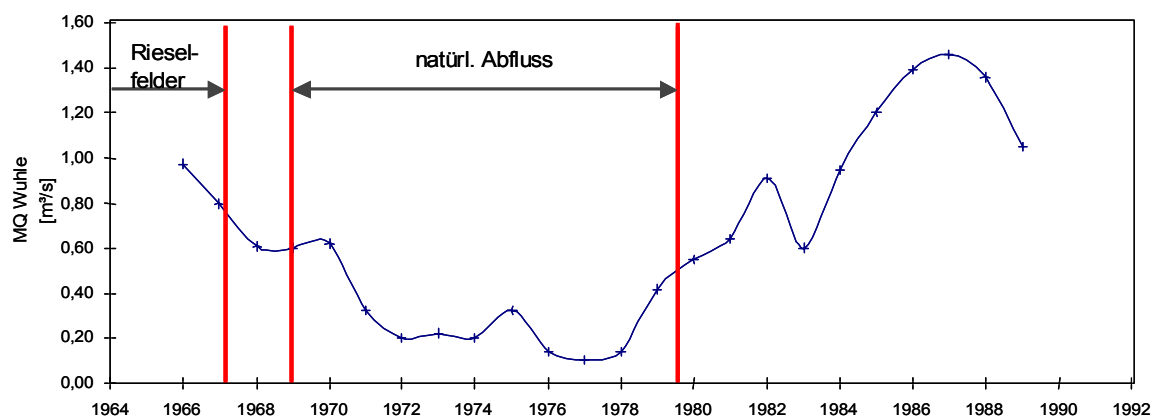


Abb. 9:
Historische Abflussverhältnisse der Wuhle an der Messstelle „Honsfelder Straße“.

Die im Februar 2003 vorgenommene Stilllegung der Kläranlage Falkenberg erlangt grundlegenden Einfluss auf die Abflussverhältnisse und die Gewässerstruktur im Wuhletal.

2.2.2 Wasserwirtschaftliche Ausbaumaßnahmen am Unterlauf der Wuhle

2.2.2.1 Mündungsabschnitt der Wuhle von der Spree bis zur Wuhleblase (Km 5,2)

Ob in der Wuhle bereits für die Ableitung der Dränagewässer von den Rieselfeldern Profilvergrößerungen erfolgt sind, konnte im Rahmen dieser Untersuchungen nicht ermittelt werden. Im Jahre 1952 wurde die Sohle der Wuhle im Urstromtalbereich etwa 2

Meter tiefer gelegt und mit wesentlich größerem Ausbauprofil (4 m Sohlenbreite; 1:1 geneigten Böschungen und beidseitigen Bermen in 1,40 m Höhe) ausgebaut. Der Wuhlesee wurde seit diesem Ausbau durchflossen. Wesentliches Regelungsziel in der 5,2 km langen Fließstrecke mit horizontaler Sohle auf der Ordinate 31,30 m NN war die Verbesserung der Abflussverhältnisse für den inzwischen gebauten großen Abwasserkanal, der bis zum Biesdorfer Baggersee reicht und dessen Sohle an der Einmündung auf 31,60 m NN liegt, sowie für die Regenwassereinleitungen aus den Bereichen Köpenick-Nord und Kaulsdorf-Süd. Dazu wurde die Sohle mehr als einen Meter unter den Mittelwasserstand der Spree (Pegel Köpenick) gelegt.

Für die vorgesehene Kapazitätserweiterung der Kläranlage Falkenberg auf 250.000 m³/d wurden 1988/90 mit Bemessungsabflüssen an der Mündung von 15,6 m³/s bzw. verzögert 12,6 m³/s weitere Profilvergrößerungen von der Mündung bis zur Wuhleblase an der Heese-Heer-Straße vorgenommen. Dabei wurde der Wuhlelauf vom Wuhlesee abgetrennt. Bei der Planung wurde die Möglichkeit des weiteren Durchflusses durch den Wuhlesee gefordert. Dazu war der Einbau von 3 Wehren mit je 5 m Durchflussbreite notwendig. Der Wehrverschluss im Wuhlelauf wurde beschädigt und 1997 ausgebaut.

2.2.2.2 Abschnitt von der Wuhleblase (Km 5,2) bis zur Bundessraße B1/5 (Km 7,0)

In welchem Umfang der 1,8 km lange Abschnitt der Wuhle oberhalb des Absturzes Heese-/Heerstraße 1952 und danach ausgebaut wurde, ist nicht bekannt. Beim Ausbau 1976/78 wurde die Lage des Wasserlaufes verändert und der Querschnitt vergrößert und vertieft. In den Längsschnitten sind die in der Trasse durchgeführten Baugrundbohrungen angegeben.

Auch nach diesem Ausbau liegen im Wuhleabschnitt die Wasserstände rund 1 m höher als in den Kaulsdorfer Seen. Die Kaulsdorfer Seen stellen Grundwasserblänken dar. Der Grundwasserstand im Untersuchungsgebiet wird dabei maßgeblich durch die Grundwasserentnahme im Urstromtal, insbesondere durch die Entnahmen der Wasserwerke Kaulsdorf und Wuhlheide sowie durch abflusslose Einleitungen aus der Regenwasserkanalisation bestimmt. Die Wasserstands- und Entwässerungssituation östlich der Wuhle ist umfassender in Kap. 2.2.5.1 dargestellt.

2.2.3 Regenwasserableitung im Einzugsgebiet der Wuhle

Die Größe des oberirdischen Einzugsgebietes wird in den alten Dokumentationen mit 97 km² und in neueren Unterlagen mit 103 km² angegeben. Die GIS - basierte Auswertung der vorhandenen Daten zur Lage der Entwässerungskanäle im Rahmen dieser Untersuchungen ergab eine Gesamtgröße des oberirdischen Einzugsgebietes der Wuhle von 82,2 km² (Abb. 10).

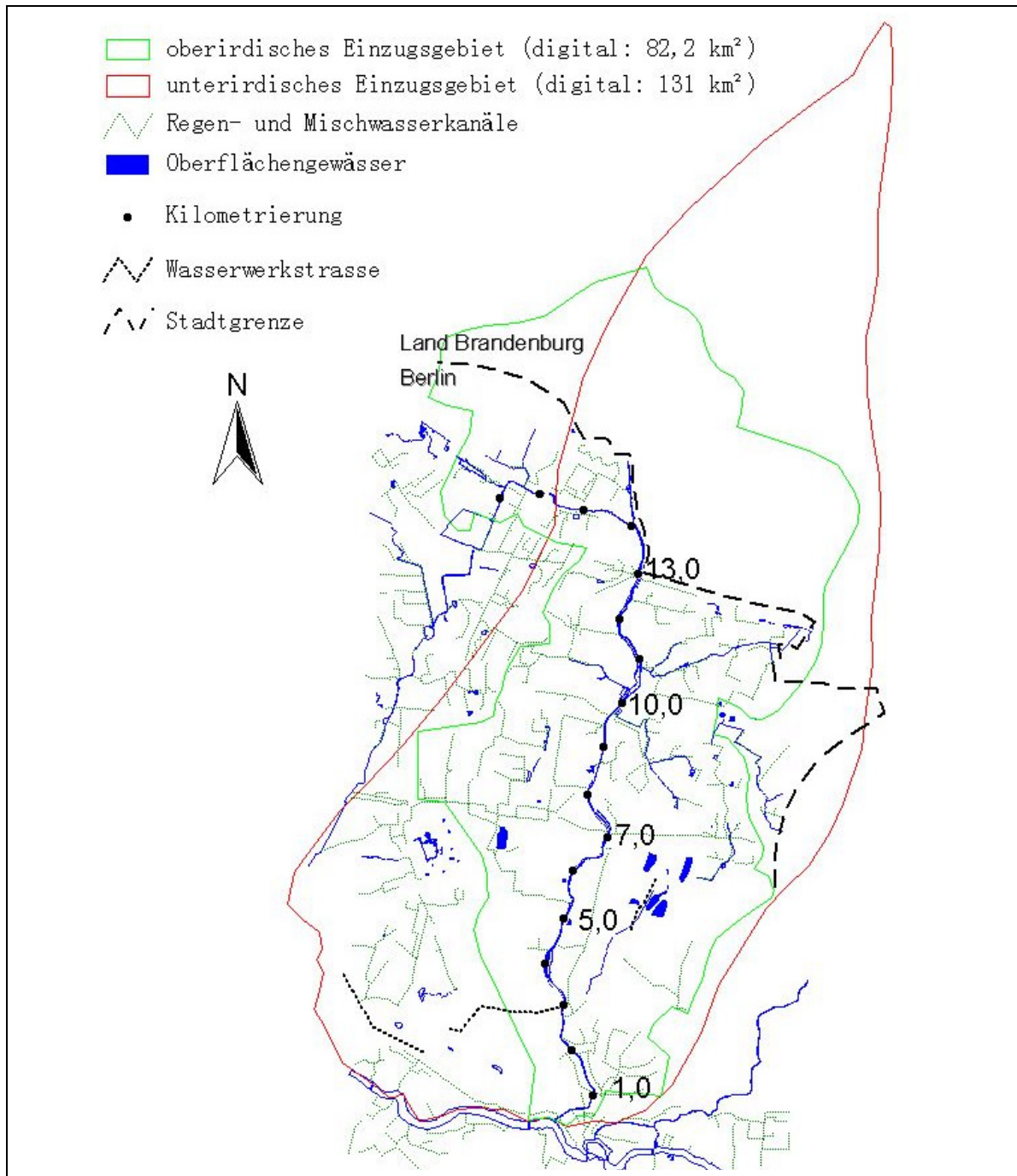


Abb. 10:
Wuhleeinzugsgebiete mit Gewässer- und Kanalisationssystem.

Bis zur Wuhleblase (Pegel Heese – Heer – Straße) hat die Wuhle ein Einzugsgebiet von 77,9 km². Von dem rund 19 km² großen Teileinzugsgebiet zwischen Wuhleblase an der Heese – Heer - Straße und dem Pegel Forum Köpenick (S-Bahn Erkner) haben ca. 50 % der Flächen Abläufe zur Regen- und Mischwasserkanalisation.

Die Regenwasserkanäle entwässern vorwiegend die öffentlichen Verkehrsflächen mit der angrenzenden Bebauung. Ein erheblicher Anteil des Regenwassers versickert im Gebiet.

Unterhalb des Pegels Forum Köpenick erfolgen Regenwassereinleitungen im Bereich Lindenstraße/Pyramidenbrücke, Cardinalplatz und Hämmerlingstraße/Schinderbrücke mit Entwässerungsflächen von jeweils bis zu 10 ha Größe.

Am Bahndamm, d. h. unterhalb der Durchflussmessstelle Forum Köpenick erfolgt aus der Mischwasserkanalisation der Überlauf. An diesem sind 152 ha Siedlungsfläche angeschlossen. Die nächsten größeren Regenwassereinleitungen mit angeschlossenen Flächengrößen bis zu 0,5 km² erfolgen nach oberhalb in Abständen von etwa 1 km an der Mozartstraße, Hoppendorfer Straße und am Wuhlesee bzw. Zimmermannstraße. An dem in die Wuhleblase einmündenden Regenwasserkanal aus Biesdorf Süd sind über 7 km² Entwässerungsfläche einschließlich Biesdorfer Baggersee angeschlossen.

Die Einmündungen der Regenwasserkanäle und der Überlauf aus der Mischwasserkanalisation an der S-Bahn-Strecke Erkner sind in Tab. 2 angegeben.

Tab. 2: Lage, Nennweite und Sohlenhöhe der Regenwassereinleitungen Wuhle

Wuhle km	Lage	Nennweite DN	Sohlenhöhe [m NN]
0,142 l	Pyramidenbrücke/	500	
0,143 r	Lindenstraße	600	
0,458 l	Cardinalplatz	500	
0,679 l	Schinderbrücke	Eiprofil 500	
0,679 r	Hämmerlingstraße		
1,055 r	S-Bahnbrücke Erkner	450	32,05
1,056 l	S-Bahnbrücke Erkner	1050/1400	
1,150 l		400	32,18
1,543 l	Birnbaumer Straße	300	31,87
1,690 l		300	31,97
1,893 l	Mozartstraße	900	31,56
2,323 l	Piepertswinkel	400	
2,779 l	Hoppendorfer Straße	600	31,84
3,320 r	Brachliner Straße	300	32,04
4,200 r	Arnfriedstraße/Dubikstraße	600	32,77
4,345 l	Brücke Zimmermannstraße	800	31,68

2.2.4 Wassergewinnung im Einzugsgebiet - Historischer Überblick und technische Daten

Die im Folgenden dargestellten Daten spiegeln die technische Entwicklung der Grundwassernutzung und Aufbereitung im Gebiet wider. Die aktuell existierenden

Förderbrunnen wurden ortsdiskret als Einzelbrunnen im numerischen Modell (Kap. 3.5) umgesetzt. Ergänzend hierzu wird die Aufbereitungstechnik mit den entsprechenden Tageskapazitäten angegeben, da diese für veränderte Rohwasserfördermengen bzw. Bewirtschaftungsszenarien von Bedeutung sind.

2.2.4.1 Wasserwerk Wuhlheide

Das Wasserwerk Wuhlheide wurde von 1912 - 14 erbaut und am 01.07.1914 in Betrieb genommen. Zuerst wurden die Brunnen östlich der Karlshorster Rennbahn (heutige Ostgalerie) errichtet; 1913 - 29 die Brunnentrassen westlich davon (Westgalerie). Insgesamt gab es 100 Heberleitungsbrunnen und einen Sammelbrunnen. Die Aufbereitung erfolgte über Amsterdamer Streudüsen, Grobfilterkammern und Bollmann-Schnellfilter mit einer Tageskapazität von 33.000 m³. Nach Fertigstellung aller Anlagen (1916) betrug die Tageskapazität 65.000 m³.

1928-30 wurden die Aufbereitungsanlagen durch geschlossene Reiserfilter als Vorfilter und offene Manganfilter erweitert. Diese Maßnahmen hatten eine Kapazitätserhöhung auf 85.000 m³/d zur Folge. 1935 wurden 12 Brunnen der Brunnengruppe I der Westgalerie (Blockdammweg) stillgelegt. Während des 2. Weltkrieges wurde das Wasserwerk stark beschädigt und infolgedessen die vorhandenen Brunnen erneuert. 1975 - 77 wurden 23 Brunnen auf Unterwassermotorpumpenbetrieb umgerüstet.

Die derzeitige Wassergewinnung erfolgt mittels 98 Vertikalbrunnen (80 Heberleitungsbrunnen, 18 Unterwassermotorpumpen) und einer maximalen Leistung von 40.000 m³/d. Die Endteufen betragen zwischen 40 und 45 m. Die Aufbereitung des Rohwassers erfolgt durch acht offene Grobfilter (Filterfläche: 308 m²), 36 geschlossene Bollmannfilter (Filterfläche: 221 m²) und vier Manganfilterkammern (400 m²).

2.2.4.2 Wasserwerk Kaulsdorf

Das Wasserwerk Kaulsdorf wurde im Jahre 1916 in Betrieb genommen. In der ersten Ausbaustufe bestand die Anlage aus 14 Brunnen, welche durch Heberleitungen mit einem Sammelbrunnen verbunden waren. Die Rohwasseraufbereitung erfolgte über Oxidatoren und einstufige, geschlossene Schnellfilter bei einer Tageskapazität von 16.000 m³. 1925 wurde die Anlage um 14 Brunnen erweitert und die höchste Tagesleistung auf 45.000 m³ erhöht.

Nach der Neubohrung von 16 Vertikalbrunnen mit einer Endteufe zwischen 45 und 60 m im Jahre 1997 und der Ausrüstung mit Unterwassermotorpumpen, beträgt die maximale Leistung am Tag 30.000 m³.

Die Belüftung erfolgt durch flüssigen Sauerstoff, der über Mischpumpen in die Rohwasserleitung eingebracht wird und zwölf geschlossene Schnellfilter mit einer

Filtergeschwindigkeit von 8 – 12 m/h und einer Gesamtfilterfläche von 122 m².

Das Reinwasser wird nach der Aufbereitung ohne Speicherung direkt in das Versorgungsnetz eingespeist. Ein Teil des Trinkwassers wird über eine gesonderte Leitung in die Reinwasserbehälter des Zwischenpumpwerks Lichtenberg gefördert.

2.2.4.3 Wasserwerk Friedrichsfelde (Triftweg I und II)

Die Wasserwerke Triftweg I und II gingen zu Beginn der Zwanziger Jahre in Betrieb. Während des 2. Weltkrieges wurden im Wasserwerk Triftweg I die Anlagen vollständig zerstört (Förderende: Dezember 1943). Die Brunnen des Wasserwerks Triftweg II wurden nach Kriegsende zunächst noch weiter bewirtschaftet. Am 15.03.1954 wurde auch das Wasserwerk Triftweg II stillgelegt.

1973 wurde für die Spitzenwasserversorgung der Stadt im Bereich des ehemaligen Wasserwerks Triftweg II neun weitere Brunnen errichtet [VEB Hydrogeologie, 1976]. Im Jahre 1993 wurde die Wasseraufbereitung im Wasserwerk Friedrichsfelde vollständig eingestellt.

2.2.5 Wasserwirtschaftliche Probleme im Einzugsgebiet

2.2.5.1 Problemgebiet Kaulsdorf-Süd und Biesdorf-Süd

Der ursprüngliche Landschaftscharakter im Gebiet der Kaulsdorfer Seen war durch moorige Böden und flurnahes Grundwasser geprägt. Schwarzerlen–Eschen- oder Eichen–Hainbuchen – Wälder dominierten die feuchte Niederungslandschaft. Das heutige Landschaftsbild ist stark anthropogen überprägt. Infolge der langfristigen Nutzung des Erlenbestandes als Brennholz für das Cöpenicker Schloss und als Darrholz für die Amtsbrauerei, reduzierte sich der Kaulsdorfer Busch auf einen heutigen Restbestand am Wasserwerk Kaulsdorf.

Den drastischsten Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt des Gebietes stellt die Inbetriebnahme des Wasserwerkes Kaulsdorf (1916) dar. Das Absenken der Grundwasseroberfläche im Bereich der Fassungsanlagen führte zur Entwässerung der obersten Bodenschichten und ermöglichte so die Ausweisung der betroffenen Flächen als Bauland. Bei der Planung einiger Häuser wurde dabei nicht beachtet, dass es sich natürlicherweise um einen grundwasserbeeinflussten Standort handelt. Entsprechend kam es bei reduzierten Wasserwerksförderraten zu Grundwasserschäden.

Zur Erfassung der Grundwasserschäden wurde über eine ABM – Maßnahme eine Befragung der Anwohner im betroffenen Gebiet durchgeführt. Diese sind in Abb. 11 unterschieden nach „feuchten Wänden“ und „Kellervernässungen“ und mit Lage der Regenwasserkanäle dargestellt. Die Vernässungsprobleme hatten 1999 den Bau einer

Pumpstation am Habermannsee zur Ableitung von Seewasser zur Wuhle zur Folge. Diese Überleitung ist nicht permanent in Betrieb sondern wird erst bei einem bestimmten Wasserstand aktiviert. Das Wasser wird über eine Leitung zur Wuhleblase geleitet und dort oberhalb des Absturzes eingeleitet.

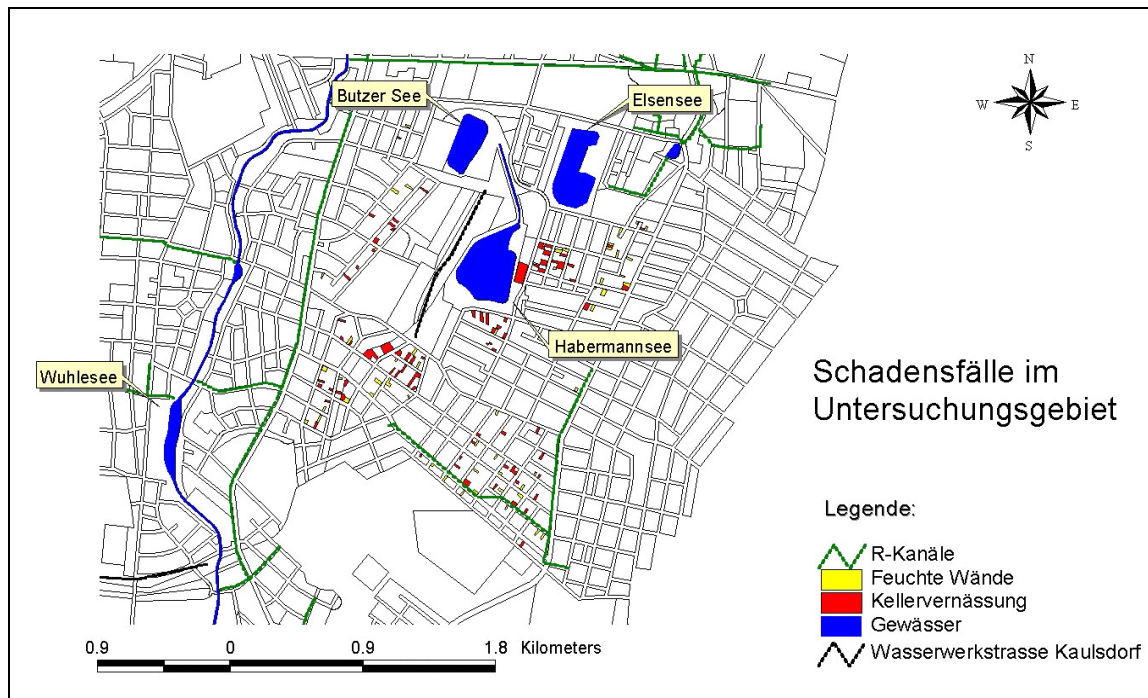


Abb. 11:
Übersicht über die regionale Verteilung von Grundwasserschäden (Feuchte Wände, Kellervernässung) in den Siedlungsgebieten Kaulsdorf-Süd und Mahlsdorf-Süd.

Insbesondere im Teileinzugsgebiet des Eichwaldgrabens wurden die Grundwasserverhältnisse durch die Grundwasserentnahmen nachhaltig beeinflusst. Schadensfälle durch Kellerüberflutung treten dann auf, wenn die Grundwasserförderung durch das Wasserwerk Kaulsdorf gering ist. Dieser Zusammenhang wird in Abb. 12 an der Messstelle 9037 veranschaulicht.

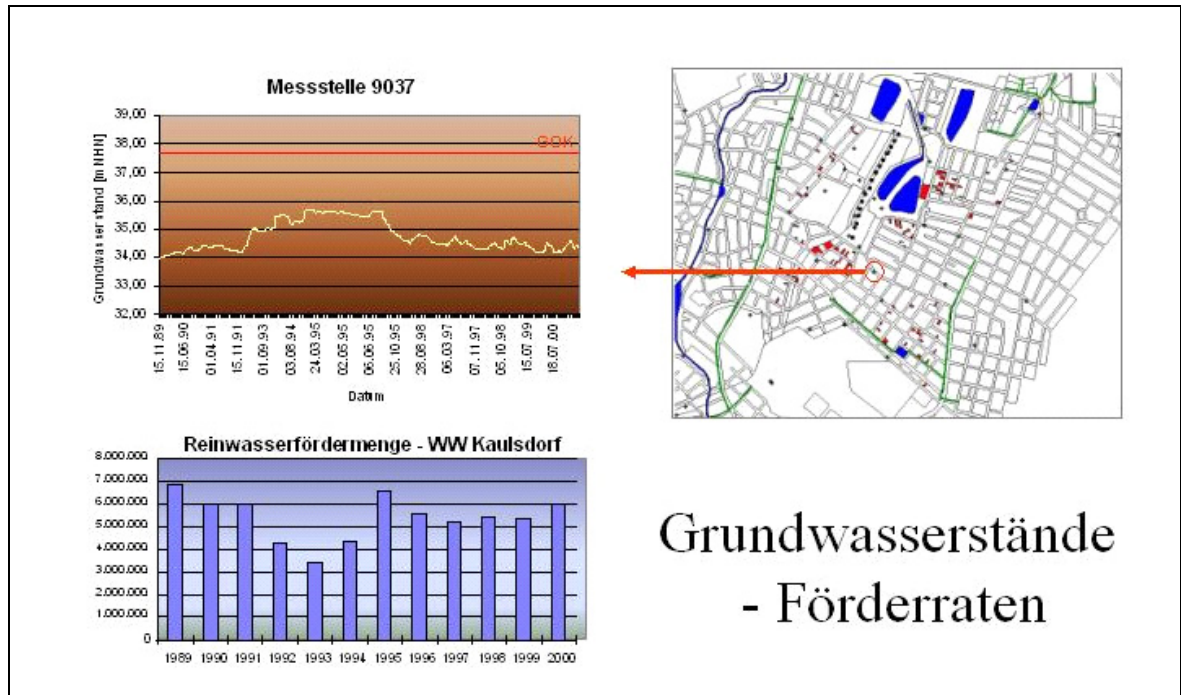


Abb. 12:

Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 9037 im Zeitraum von 15.11.1989 bis 07.12.2001 mit Lage im Gebiet und korrespondierender Reinwasserfördermenge des WW Kaulsdorf.

Die Versickerung aus der Regenwasserkanalisation aus den Gebieten Mahlsdorf Süd / Elsenbecken, Kaulsdorf Süd im Bereich des Rückhaltebeckens am Körnerplatz (Körnerbecken) und am Rückhaltebecken im Märchenviertel verschärfen die Situation in niederschlagsreichen Perioden wie 1987 / 88 und 1993 / 94.

Beim Bau der Regenwasserkanalisation gab es die Besonderheit, dass östlich der Wuhle in Biesdorf - Süd der Bau des Hauptkanals während und nach dem 2. Weltkrieg nicht weitergeführt wurde. Im Stadtteil Mahlsdorf - Süd versickert das von den Straßenzügen abgeleitete Regenwasser im Körnerbecken und in den damit in Verbindung stehenden Kanalstrecken. Auch der von Mahlsdorf kommende R-Kanal (DN 1000) mündet im Elsenbecken, das als Regenrückhaltebecken gebaut wurde. Der Abflussgraben dieses Beckens erhielt erst wesentlich später Verbindung zum Baggersee, jetzt Elsensee, in welchem das eingeleitete Wasser versickert.

2.2.5.2 Grundwassersteuerungsverordnung

Die im vorangegangenen Kapitel angesprochenen Probleme sind nicht nur ein lokales Problem im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Kaulsdorf sondern erstrecken sich über alle Absenkungsbereiche der im Urstromtal gelegenen Wasserwerke mit rückläufiger Förderrate.

Der Bedarf an Trinkwasser hat sich in den letzten Jahren deutlich verringert. 1989 wurden in Berlin 378 Millionen m³, im Jahre 2001 nur noch 217 Millionen m³ gefördert. Die Gründe

für die verringerte Rohwasserförderung liegen in der Aufgabe vieler Industriebetriebe im ehemaligen Ost-Berlin, der Erhöhung der Wasserpreise sowie in einer verbesserten Sanitärtechnik, die dem Verbraucher Wassereinsparungen im Haushalt ermöglichen. Dies spiegelt sich auch im Grundwassermanagement der Berliner Wasserbetriebe wider. Zwischen 1992 und 1999 wurden insgesamt 5 Wasserwerke (Altglienicke 1991, Friedrichsfelde 1992, Köpenick und Riemeisferren 1995, Buch 1995) außer Betrieb genommen. Hieraus resultierte ein stadtweiter Grundwasseranstieg, der sich am stärksten im Entnahmebereich der Grundwasserfassungen auswirkt und dort zu Vernässungsschäden führen kann bzw. geführt hat.

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung hat sich diesem Problem in Form einer Verordnung zur Steuerung der Grundwassergüte und des Grundwasserstandes (Grundwassersteuerungsverordnung – GruWaSteuV) angenommen. Hierin wird die Förderung von Grundwasser für die öffentliche Wasserversorgung an bestimmte von den BWB einzuhaltenden Anforderungen geknüpft [SenStadt, 2001]. In Abbildung 6 ist der § 3 der GruWaSteuV auszugsweise wiedergegeben.

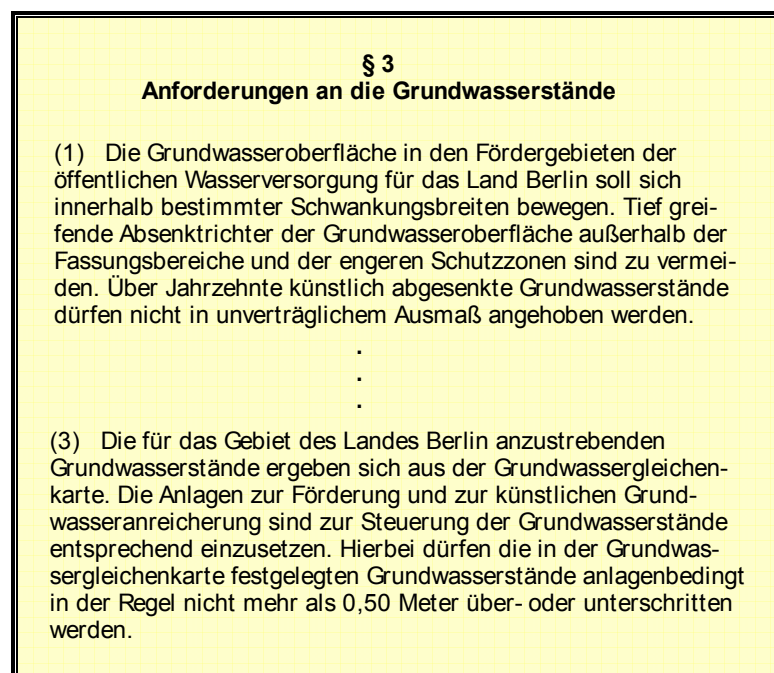


Abb. 13:
Auszug aus der Grundwassersteuerungsverordnung für Berlin.

In diesem Paragraphen werden die Anforderungen an die Grundwasserstände festgelegt. Aufgrund dieser Verordnung werden die Berliner Wasserbetriebe verpflichtet, ihre wasserwirtschaftlichen Anlagen nicht nur zur Trinkwassergewinnung sondern darüber hinaus zur Sicherung der Grundwasserflurabstände im Berliner Stadtgebiet zu

bewirtschaften. Die restriktive Bindung an den in der Grundwassergleichenkarte festgelegten Grundwasserstand ($\pm 0,50$ m) lässt somit keine weitere Drosselung der Rohwasserförderung zu.

Die Grundwassergleichenkarte, welche Bestandteil der GruWaSteuV ist, spiegelt hierbei keine reale, in der Vergangenheit ermittelte, Grundwasserdynamik wider: Für den Westteil der Stadt wurden die Wasserstände des Jahres 1998, für den Ostteil die des Jahres 1992 festgesetzt.

Infolgedessen wurde im Oktober 2001 ein Grundwassermanagement zwischen dem Senat und den BWB für die Wasserwerke Johannisthal und Jungfernheide vereinbart. An beiden Standorten wird zwar weiterhin Grundwasser gefördert, anschließend aber in den Teltowkanal bzw. in die Spree abgeleitet. Das Wasserwerk Johannisthal leitet sogar etwa 35 % mehr Wasser in den Teltowkanal ($27.000 \text{ m}^3/\text{d}$) als zuletzt für die Trinkwassergewinnung gefördert wurde.

Somit hat die GruWaSteuV hinsichtlich der Trinkwasseraufbereitung und -versorgung sehr starke Auswirkung auf die wasserwirtschaftliche Planung für das gesamte Berliner Stadtgebiet und insbesondere im Einzugsgebiet der Wuhle.

2.2.5.3 Der Gehrensee

Der Gehrensee liegt ca. 250 Meter westlich der Regionalbahn-Linie RB 25 zwischen den Bahnhöfen Ahrensfelde und Ahrensfelde – Friedhof. Das Gebiet um den See war bis 2002 nicht öffentlich zugänglich, da auf dem Areal vom Ministerium des Innern der DDR Häftlinge im Strafvollzug beschäftigt wurden [Nabrowsky, 2003].

Das Büro Wassmann wurde im Jahre 2002 vom Amt für Umwelt und Natur mit hydrologischen Untersuchungen am Gehrensee beauftragt. Hierbei wurden folgende Grunddaten ermittelt: Die Wasserfläche des Gehrensees beträgt 10.678 m^2 . Die maximale Tiefe im Herbst 2002 betrug $0,46 \text{ m}$ bei einer gemittelten Tiefe von nur $0,19 \text{ m}$. Im Zuge der Untersuchung wurde eine $1,15 \text{ m}$ starke Faulschlammschicht ermittelt, welche von einer $0,4 - 0,9 \text{ m}$ mächtigen Torfschicht unterlagert wird.

Der Gehrensee liegt auf dem Geschiebemergelkomplex der Barnim – Hochfläche und grenzt im nördlichen Bereich an eine der in Kap. 2.1.1 beschriebenen, aus Schmelzwassersedimenten bestehende, Abflussrinne und wird durch diesen obersten Grundwasserleiter gespeist. Aufgrund dieser hydrogeologischen Einordnung ist der Gehrensee sehr stark von den klimatischen Randbedingungen bestimmt. Seine Lage am Rand des obersten Grundwasserleiters und seine geringe Tiefe erzeugen eine direkte Abhängigkeit zwischen dem Wasserspiegel im Gehrensee und dem Grundwasserstand des angebundenen Grundwasserleiters. Der oberste Grundwasserleiter stellt ein sog.

Binneneinzugsgebiet mit einem stark von der klimatischen Wasserbilanz abhängigen Grundwasserstand dar. Das Niederschlagsdefizit im Jahre 2003 führte sogar zum Trockenfallen des Gehrensees.

Zusätzlich zum unterirdischen Zustrom erhält er einen oberirdischen Zufluss aus dem westlich gelegenen Gebiet des Berlipfuhles. Am östlichen Ufer ist der Gehrensee über einen Graben an die Wuhle angeschlossen. Dieses Grabensystem dient der Entwässerung und somit dem Schutz vor Vernässungsschäden angrenzender Siedlungsflächen.

Der Gehrensee wird im Rahmen des Umweltentlastungsprogrammes (UEP) des Senates von Berlin mit Fördermitteln der Europäischen Union seit 2003 saniert. Die Entfernung der Faulschlammschicht am Seegrund soll zu einer stabilen Entwicklung der Flora und Fauna führen. Darüber hinaus plant die Senatsverwaltung die Unterschutzstellung als Geschützter Landschaftsbestandteil mit eingeschränktem Uferzugang für Erholungssuchende.

2.2.6 Wasserwirtschaftliche Veränderungen innerhalb des Einzugsgebietes

2.2.6.1 *Schließung des Klärwerkes Falkenberg*

Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) haben im Februar 2003 das Klärwerk Falkenberg stillgelegt. Begründet wurde diese Maßnahme mit der innerstädtischen Lage des Klärwerkes und der sinkenden Abwassermengen in Berlin. Ein Weiterbetrieb hätte außerdem, um die vorgegebenen Überwachungswerte bei der Nährstoffelimination einhalten zu können, umfangreiche Investitionen im Klärwerk vorausgesetzt. Als Folge der Stilllegung musste eine Änderung der Abwasserverteilung in Berlin vorgenommen werden. Ein Teil des Abwassers aus dem Einzugsgebiet von Falkenberg wird nun im Klärwerk Schönerlinde, der überwiegende Teil aber im Klärwerk Waßmannsdorf gereinigt. Hierzu war der Bau von zwei 18 km langen Abwasserdruckleitungen mit einem Durchmesser von 1200 mm (2x DN 1200) erforderlich. Dabei wurde gleichzeitig eine Verbindung zwischen den nördlich und südlich der Spree gelegenen Abwasserleitungsnetzen im Ostteil der Stadt geschaffen. Die Trasse beginnt in der Lötschbergstraße in Biesdorf, im Bezirk Marzahn, und endet unmittelbar am Klärwerk Waßmannsdorf im Landkreis Dahme-Spreewald (Abb. 14).



Abb. 14:
Trassenverlauf der Abwasserdruckleitung Biesdorf – Waßmannsdorf [BWB, 1999]

Sie berührt außerdem die Bezirke Lichtenberg, Köpenick und Treptow. Die Verlegung der Rohre wurde teilweise in offener und teilweise in geschlossener Bauweise durchgeführt. Die geschlossene Bauweise erfolgte entweder durch Rohrpressung oder durch unterirdischen Schildvortrieb. Schwerpunkt war der Bau eines ca. 5.500 m langen Tunnels von drei Meter Innendurchmesser durch unterirdischen Schildvortrieb in etwa 25 m Tiefe. In diesen Tunnel wurden die beiden Rohre gelegt. Dabei werden Gewässer, Bahnanlagen, Straßen und der ehemalige Flugplatz Johannisthal unterfahren.

2.2.6.2 Schmutzwasserkanalisation

In den Siedlungsgebieten Mahlsdorf-Süd und Kaulsdorf-Süd erfolgte bis 1998 die Abwasserbeseitigung dezentral über Sickergruben und Kleinkläranlagen. Diese Gebiete liegen in der Wasserschutzzone des Wasserwerkes Kaulsdorf und stellten somit eine direkte Belastung für das Schutzgut Grundwasser dar. Aus diesem Grunde wurde von den BWB 1997 damit begonnen, das 1.160 ha große Areal an die Schmutzwasserkanalisation anzuschließen. Hierzu sind 75 km Schmutzwasserkänäle, drei Abwasserpumpwerke und 1,1 km Abwasserdruckleitung notwendig [BWB, 1998].

2.2.6.3 Retentionsbodenfilter am Biesdorfer Baggersee

Die Berliner Wasserbetriebe haben nach dreizehnmonatiger Bauzeit am Biesdorfer Baggersee die gegenwärtig größte deutsche Filteranlage zur Reinigung von Regenwasser

der angrenzenden Straßen und Gewerbeflächen in Betrieb genommen. Damit soll die Wasserqualität der Wuhle deutlich verbessert sowie die Güte des Grundwassers nachhaltig gesichert werden.

Die überwiegend mit Fördermitteln der EU errichtete Anlage behandelt die Regenabflüsse aus einem 600 Hektar großen Areal, zu dem u. a. das Gewerbegebiet Märkische Allee und die Bundesstraße B1/5 gehören. Dieses Gebiet ist in den vergangenen Jahren immer dichter bebaut und intensiver genutzt worden. Damit floss immer mehr belastetes Regenwasser in den Baggersee, der bisher auch als Zwischenspeicher für Regenwasser diente.

Der Filter am Westufer des Baggersees ist 16.000 m² groß, einen Meter stark mit einem mineralischen Substrat belegt und mit Schilf bepflanzt. Das in den Kanälen gesammelte Regenwasser fließt zuerst in ein Becken, in dem sich der mitgeschwemmte Schmutz absetzt. Im eigentlichen Filter werden dann die gelösten Verunreinigungen wie Phosphor, Stickstoff und Schwermetalle im Substrat und in den Pflanzen gebunden. Nach der Passage des Filters soll das Wasser dann von 94 % der abfiltrierbaren Stoffe - an ihnen lagern sich u. a. Schwermetalle an - und von 79 % des für das Algenwachstum hauptverantwortlichen Nährstoffs Phosphor befreit sein. In den kommenden Jahren wird der Betrieb der Anlage wissenschaftlich begleitet.

Die Biesdorfer Anlage wurde - betreut durch die Berlinwasser-Ingenieurgesellschaft p2m Berlin GmbH und die Voigt Ingenieure GmbH Berlin - gemeinsam von den Firmen Gottlieb Tesch Bauunternehmen GmbH, KSB AG und Schulzendorfer Elektro GmbH errichtet.

Die Berliner Wasserbetriebe errichten insgesamt vier solcher so genannter Retentionsbodenfilter: Neben dem am Biesdorfer Baggersee steht eine solche Anlage in der Wissenschaftsstadt Adlershof kurz vor ihrer Vollendung. 2005 werden am Halensee und in Blankenburg weitere Filter gebaut. Zusammen mit umfangreichen Sanierungsarbeiten in der Kanalisation dienen sie dem Ziel, eine gute ökologische Gewässerqualität im Spree-Havel - Flusssystem bis 2015 zu erreichen. Bislang erfüllt nur der Tegeler See die geforderten Kriterien.

2.3 Gebietsspezifische Präzisierung der Zielstellung

Im Ergebnis der detaillierten und umfangreichen Gebietsrecherche lassen sich eine Reihe von offenen Fragen und Problemen hinsichtlich der Ermittlung und Quantifizierung des Wasserhaushaltes und der Abflusskomponenten des Untersuchungsgebietes identifizieren:

- Durch welche signifikanten Einflüsse wird das Abflussverhalten nach Schließung des Klärwerks Falkenberg bestimmt und wie wird es sich entwickeln?

- Wirkt sich die reduzierte Wasserführung in der „Neuen Wuhle“ auch auf das Abflussregime der „Alten Wuhle“ oder auf den nördlich gelegenen Gehrensee aus?
- Wie wirkt sich der Übergang der Wuhle vom Hochflächenbereich in die Niederung des Berliner Urstromtals auf die Abflussmenge aus?
- Welche Auswirkungen hat der geringere Abfluss in der Wuhle auf den Grundwasserspiegel insbesondere im Urstromtalbereich?
- Wie wirken sich Eingriffe in den Wasserhaushalt wie Fördermengenänderung der Wasserwerke oder ein erhöhter Anschlussgrad an die Kanalisation auf den Uferfiltratanteil der Gesamtförderung aus?

Um einen Beitrag zur Lösung dieser aus der Gebietsanalyse resultierenden wasserhaushaltlichen Probleme zu leisten, muss ein integrativer, die verschiedenen Einflussgrößen berücksichtigender, methodischer Ansatz gefunden werden.

3 Methoden und Ergebnisse

3.1 Entwicklung eines integrativen methodischen Ansatzes

Zur Quantifizierung der verschiedenen Wasserhaushaltsgrößen muss ein konzeptioneller Ansatz entwickelt werden, der unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen deren gegenseitige Beeinflussung abbildet. Hierbei muss deren Einfluss auf den Wasserhaushalt auch bei veränderten Bedingungen simulierbar sein.

Der Ansatz beruht auf der Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen mit Hilfe eines flächendifferenzierten Verfahrens zur Ermittlung des Gesamtabflusses aus Niederschlag abzüglich der Verdunstung sowie dessen Aufteilung in einen oberirdischen und einen unterirdischen Teil (Kap. 3.3.3). Mit Hilfe von Boden- und Klimadaten können über das Abflussbildungsmodell (ABIMO) flächendifferenziert die Wasserhaushaltsgrößen Gesamtabfluss (R), oberirdischer Abfluss (ROW) und Versickerungsmenge (RI) berechnet werden.

Abb. 15 zeigt die einzelnen Komponenten des integrativen Analyseansatzes und deren gegenseitige Beeinflussung bzw. die für eine Verifizierung der Einzelergebnisse nutzbaren Größen.

Unter Einbeziehung der geologischen und siedlungshydrologischen Gegebenheiten kann dann die Grundwasserneubildung (GWN) für das Untersuchungsgebiet bestimmt werden. Die notwendige detaillierte Gebietsrecherche wurde in Kapitel 2 abgehandelt und beinhaltet neben der historischen Entwicklung des Untersuchungsgebietes die aktuellen hydrogeologischen und siedlungswasserwirtschaftlichen Randbedingungen. Über die Lage der Regenwasserkanäle kann das oberirdische Einzugsgebiet der Wuhle (EZG,o) ermittelt werden.

Zur Verifizierung der wasserhaushaltlich bestimmten Abflussgrößen mussten detaillierte hydraulische Untersuchungen an der Wuhle durchgeführt und abschnittsweise interpretiert werden (Kap. 3.2). Anschließend konnte mit Hilfe der Förderdaten der Wasserwerke (Q_{ww}) eine Grundwasserhaushaltsbilanz durchgeführt werden (Kap. 3.4). Im Ergebnis lässt sich hydrogeologisch der Anteil an Uferfiltrat (U_f) an der Gesamtfördermenge ermitteln.

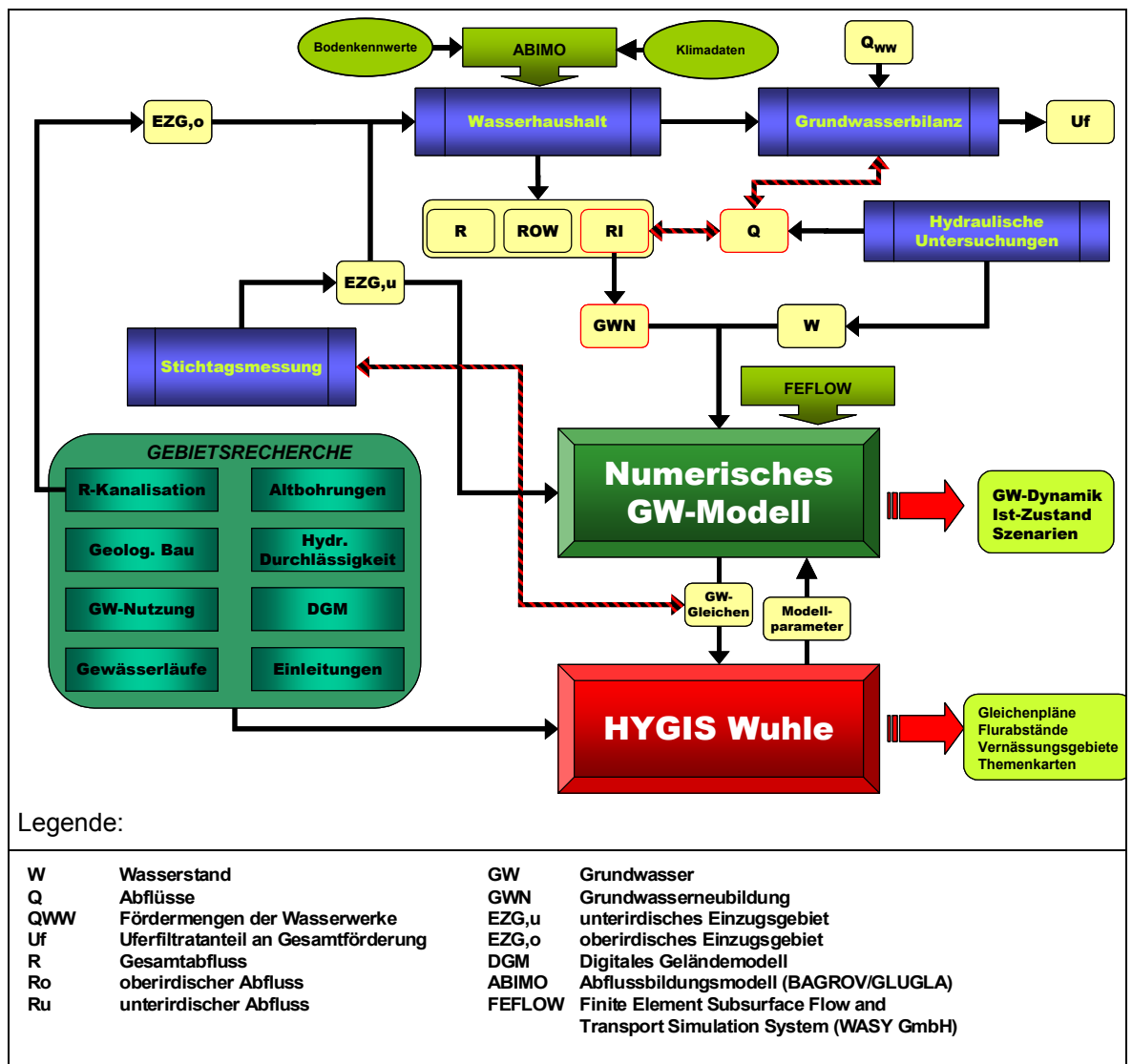


Abb. 15:
Schematische Darstellung des integrativen Ansatzes zur Gebietsanalyse

Zur Simulation des Einflusses des Wasserhaushaltes und der Grundwassernutzung auf den Grundwasserkörper wurde mit Hilfe des Simulators FEFLOW® eine numerische Modellierung der Strömungsverhältnisse durchgeführt. Die Ausweisung des unterirdischen Einzugsgebietes (EZG_u) des Wasserwerks Wuhlheide erfolgte anhand von interpolierten Gleichenplänen aus Stichtagsmessungen. Über den Abgleich der simulierten Grundwasserhöhen mit den Grundwasserständen aus der Stichtagsmessung erfolgte eine zusätzliche Überprüfung der wasserhaushaltlich berechneten Abflussgrößen. Numerische Grundwasserströmungsmodelle benötigen beim Modellaufbau und bei der Kalibrierung des Eichzustandes eine Vielzahl an Geodaten. Diese Eingangs- und Ergebnisdaten haben meist einen Raumbezug und müssen daher georeferenziert

werden. Die Verteilung notwendiger Modellparameter ist zumeist lokal stark differenziert und muss daher entsprechend der horizontalen Diskretisierung an das numerische Modell übergeben werden. Mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS) können diese Daten flächenbezogen und ortsdiskret digital verarbeitet und anschließend dem Grundwasserströmungsmodell zur Verfügung gestellt werden.

Geoinformationssysteme bzw. Geographische Informationssysteme werden zunehmend als Instrumente zur Unterstützung hydrologischer Modelle und wasserwirtschaftlicher Aufgaben verwendet. Durch ihren Einsatz können die Ergebnisse hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Untersuchungen verbessert und effizienter erzielt werden. Da GIS als sehr allgemeine Instrumente für unterschiedlichste raumbezogene Fragestellungen konzipiert sind, bedarf ihr sachgerechter Einsatz in Hydrologie und Wasserwirtschaft einer Reihe von speziellen Überlegungen.

Typische Eingangsdaten sind Vektordaten, georeferenzierte Rasterdaten, Rasterbilddaten, Datentabellen aber auch analoge Kartengrundlagen mit unterschiedlichen Koordinatensystemen und Maßstäben. Zeitabhängige Daten, wie Fördermengen oder Wasserstandsganglinien, müssen an die Zeitschritte der Simulationssoftware angepasst werden. Die Überführung in die numerische Modellierung macht also eine Anpassung bzw. Transformation der vorliegenden Geodaten in ein festes Referenzsystem notwendig.

Für die folgenden Aufgaben zur Datenaufbereitung und Ergebnisdarstellung werden in der Regel GIS-Systeme verwendet:

- Fortschreibungsfähige Dokumentation von georeferenzierten Grundlagen- und Ergebnisdaten
- Maßstabsfreie Verwaltung und Integration von Geodaten unterschiedlichster Herkunft
- Konvertierung von Vektor-, Raster- und Bilddaten
- Transformation von Grundlagen- und Modelldaten in unterschiedliche Koordinaten- und Zeitsysteme sowie Maßeinheiten
- Verknüpfung von Eingangs-, Modell- und Ergebnisdaten mit topographischen Grunddaten
- Kartographische Ausgestaltung aller georeferenzierter Daten.

Die Funktionalität eines GIS kann also die Anwendung des Grundwassermodells effektiv unterstützen, daher wurde für das Untersuchungsgebiet ein solches Hydrogeologisches Informationssystem (HYGIS) erarbeitet. Aufbau und Basisdaten des HYGIS Wuhle sind in Kap. 3.6 dargestellt. Hierbei besteht eine lose Kopplung zwischen der Modellsoftware und dem GIS. Die Modellsoftware kann die vom GIS exportierten Daten lesen und die Modellergebnisse können in standardisierten Formaten ausgegeben werden, welche eine Übernahme und Verarbeitung im GIS ermöglichen.

3.2 Hydraulische Untersuchungen zum Wasserhaushalt an der Wuhle

Das Abflussregime eines Fließgewässers ist durch die klimatologischen, geologischen, pedologischen, geomorphologischen, vegetativen und anthropogenen Umweltfaktoren des betrachteten Einzugsgebietes bedingt. Die einzelnen Faktoren sind häufig miteinander gekoppelt [Baumgartner & Liebscher 1996]. Zur Erfassung bzw. Deutung dieser sind detaillierte hydraulische Untersuchungen zur Wasserspiegellage und zur Abflussmenge in der Wuhle notwendig. Zusätzlich werden die ermittelten Abflussmengen als Anteil der Grundsasserhaushaltsbilanz (Kap. 3.4) benötigt. Die gemessenen Wasserstände gehen als feste Randbedingung in die numerische Modellierung ein.

3.2.1 Wasserstandsmessungen

Unterhalb des Absturzes Heese- / Heerstraße liegen im starken Rückstau einfluss der Spree die Wasserstandsmessstellen „Am Bahndamm“ und „Hoppendorfer Straße“, deren Messergebnisse vom Referat VIII E des Senates von Berlin zur Auswertung bereitgestellt wurden. Zusätzlich liegen Drucksondenmessungen an drei Standorten im Hochflächenbereich vor (Feldberger Ring, Landsberger Allee und Köthener Straße), deren Wasserstandsdaten aufgrund der nicht vorhandenen hydraulischen Verbindung zum Hauptgrundwasserleiter nicht weiter ausgewertet wurden. Die Standorte der Wasserstandsmessstellen mit Bezeichnung und Lage (Abb. 16) sowie der vorliegende Messzeitraum sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Wasserstandsmessstellen und -daten

Wuhle km	Bezeichnung der Messstelle	Kennzahl	Art der Wasserstandsmessungen	Vorliegender Zeitraum
1,0	Am Bahndamm	5865300	Quantum-Anlage/Lattenpegel	01.11.01 – 23.06.02
2,7	Hoppendorfer Straße	5865200	Lattenpegel	nur Terminwerte/ Monatslisten geringe zeitliche Auflösung
4,3	Anfang Wuhlesee	-	Einperlsensor	ab 13.02.2002
5,8	Honsfelder Straße	5865000	Schreibpegel	01.01.00–05.06.02
			Lattenpegel	nur Terminwerte/ Monatslisten
9,8	Feldberger Ring (3324)	5864903	Drucksonde	06.06.01 – 24.04.02
13,2	Landsberger Allee/ Kippensturz (3321)	5864902	Drucksonde	06.06.01 – 24.04.02
16,0	Köthener Straße (3320)	5864901	Drucksonde	06.06.01 – 03.04.02

Die Wasserstandsdaten der Messstelle „Am Bahndamm“ werden seit Ende Februar 2000 über eine Ultraschallmessanlage [Quantum-Hydrometrie, 2001] als 5-Minutenwerte aufgezeichnet und liegen als Jahreslisten vor. In den meisten Monaten schwankt der Wasserstand an dieser Messstelle nur um wenige Zentimeter. Von der Messstelle „Hoppendorfer Straße“ liegt dagegen maximal ein Tageswert als Terminwert vor. Die übergebenen Hauptwerte der einzelnen Monate weichen an dieser Messstelle auch nur gering vom Mittelwert ab.

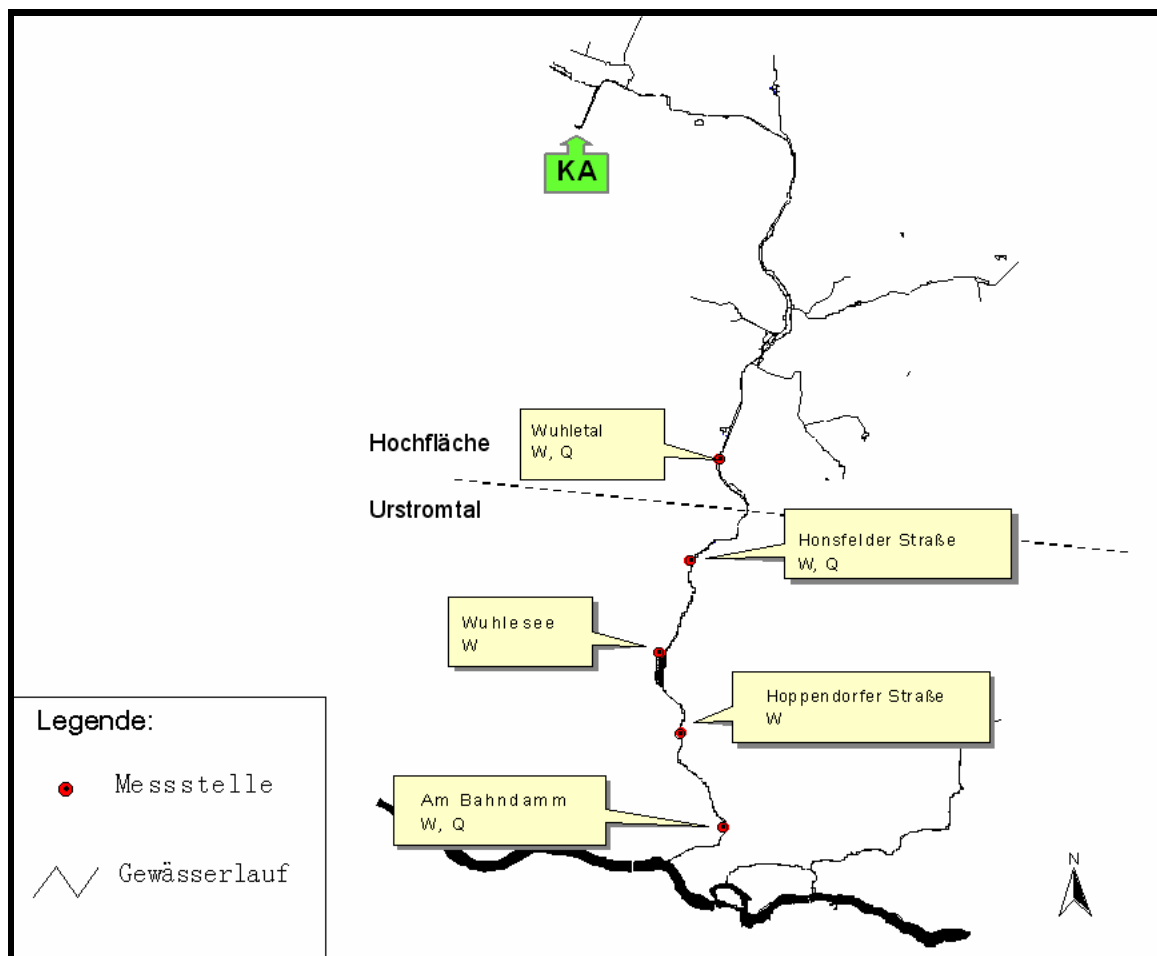


Abb. 16:
Übersicht zur Lage der Messstellen im Unterlauf der Wuhle und Art der Messung (W: Wasserstand; Q: Durchfluss, KA: Klärwerk Falkenberg).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Abteilung Ökohydrologie zeitweilig die Messstelle „Anfang Wuhlesee“ eingerichtet. An dieser Messstelle wird der Wasserstand als 15-Minutenwert mit dem Luftpierl-Messgerät „ORPHIMEDES“ (OTT-Hydrometrie) bei 5 mm Anzeigegenauigkeit digital erfasst. Eine wartungsfreie, batteriebetriebene Kompakt-Kolbenpumpe erzeugt den für das indirekte Messverfahren notwendigen Einperldruck. Der Einperlsensor wird in den

meisten Fällen zur Ermittlung von Wasserständen in Grundwasserbeobachtungsrohren (ab 2"-Pegelrohren) eingesetzt. Mit Hilfe eines speziellen Ausperltopfes kann auch der Wasserstand von Oberflächengewässern bestimmt werden. Mit dieser Messstelle ist, bei dem vorhandenen Rückstau in Abhängigkeit vom Abfluss und der Verkrautung, auch das Gefälle der unteren Fließstrecke bestimmbar.

Durch Einmessung der Spundwandoberkanten der Wehre im Deutschen Haupthöhennetz DHHN92 bzw. durch Abstichmessungen liegen die Wasserstände als NHN – Höhen vor. Als Höhenfestpunkt wurde der Mauerbolzen MB 61038 (36,277 m NHN) in Kaulsdorf, An der Wuhle 80, herangezogen. Im Ergebnis liegen für drei Referenzpunkte die NHN - Höhen vor:

A	markierte 3. Spundbohle (Oberkante)	34,57 m NHN
B*	runde eingetiefte Markierung	34,27 m NHN
C	Bezugshöhe für Messwertanzeige ORPHIMEDES	32,10 m NHN

Zusätzlich sind für den Wuhlesee Wasserstandsmessungen aus den Lattenpegelablesungen am Auslaufwehr oder durch die Wasserstands Differenz am Einlaufwehr von OW zu UW möglich. Für die 0,5 km lange Fließstrecke der Wuhle parallel zum Wuhlesee kann aus den Wasserstands Differenzen der Ein- und Auslaufwehre (OW zu UW) das Gefälle bestimmt werden. Der Pegelnullpunkt für den Lattenpegel Wuhlesee wurde aus solchen Vergleichsmessungen mit 32,18 m NHN bestimmt. Von der Senatsverwaltung wird der Pegelnullpunkt mit 32,10 m NN angegeben. In Tab. 4 sind die Mess- und Vergleichsdaten für die neu eingerichtete Messstelle „Anfang Wuhlesee“ zusammengefasst: Hierbei wurden nur sehr geringe Differenzen verzeichnet.

Tab. 4: Vergleich der Wasserstandsdaten „Anfang Wuhlesee“

Datum	Uhrzeit MEZ	Messwertanzeige ORPHIMEDES (Az W)	Höhe in m NHN Az W+32,10	Abstand zu A oder zu B*	Höhe in m NHN (34,57 - A oder B*)	Differenz in m
16.03.02	12:00	420 mm	32,52	-1,745*	32,525	0,005
27.03.02	14:08	440 mm	32,54	-1,748*	32,522	0,018
06.04.02	11:00	390 mm	32,49	-1,78*	32,49	0
20.04.02	09:52	455 mm	32,555	-1,720*	32,55	0,005
08.05.02	10:55	425 mm	32,525	-1,751*	32,519	0,006
17.06.02	19:00	670 mm	32,77	-1,496*	32,774	0,004
27.06.02	08:30	710 mm	32,81	-1,465*	32,805	0,005
11.07.02	12:27	830 mm	32,93	-1,645	32,925	-0,005
24.07.02	17:23	750 mm	32,85	-1,716	32,854	0,004

An der Messstelle „Am Bahndamm“ zeigen die überwiegend durch das Referat VIII E des Senates durchgeführten Vergleichsmessungen am Lattenpegel zu den über die Ultraschallmessanlage aufgezeichneten und statistisch ausgewerteten Wasserstandsdaten im Zeitraum bis Anfang Mai 2002 erhebliche Differenzen (s. Anhang C). Diese Differenzen sind in der eingestellten Bezugshöhe der Quantum-Anlage zum Pegelnullpunkt begründet. Nach Beginn der Messungen „Anfang Wuhlesee“ vom 13.02.02 bis zum 05.05.02, d. h. dem Ausfall der Quantum - Anlage, werden sie mit 0,10 m berücksichtigt. Im nachfolgenden Zeitraum entsprechen sie mit 31,42 m NHN dem Pegelnullpunkt des Lattenpegels. Wie die graphische Darstellung in Abb. 17 zeigt, wurde die Differenz zwischen den Lattenpegelablesungen und den Ultraschallmessungen nach Wiederinbetriebnahme deutlich verringert.

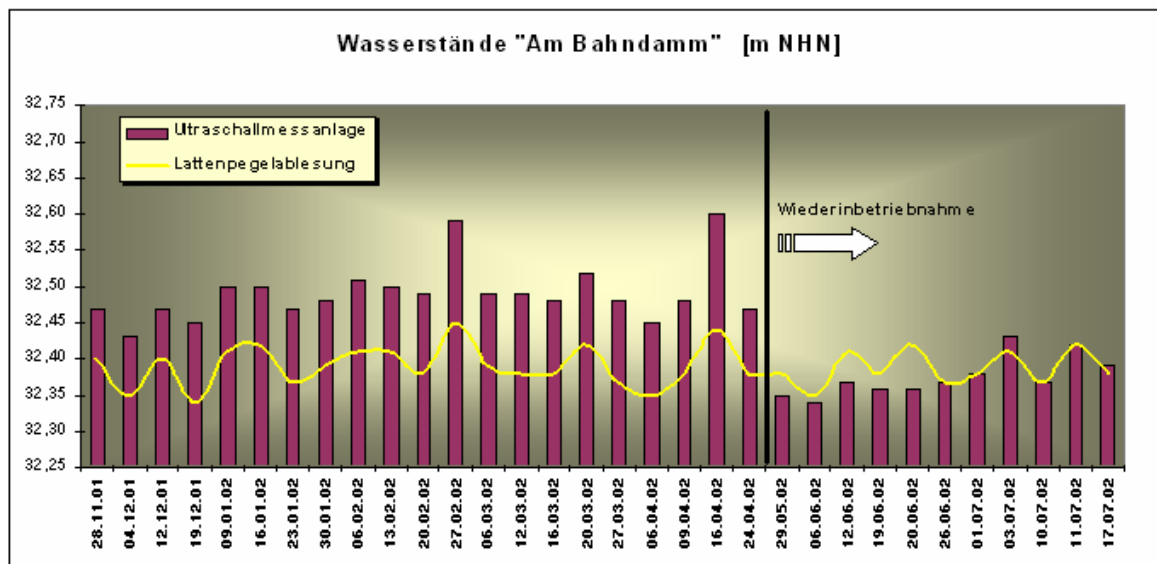


Abb. 17:
Gegenüberstellung der Wasserstandsdaten der Ultraschallmessanlage und der Ablesungen am Lattenpegel an der Messstelle „Am Bahndamm“ im Zeitraum vom 28.11.2001 bis 17.07.2002.

Mit den Wasserständen an den Pegeln „Anfang Wuhlesee“, „Hoppendorfer Straße“ und „Am Bahndamm“ sowie dem Dahme-Pegel im Köpenicker Becken oberhalb der Wuhlemündung lässt sich die durch Rückstau der Spree beeinflusste Wasserspiegellage auf kurzen Distanzen ermitteln. An den in der Wuhle errichteten Lattenpegeln erfolgten an drei Tagen die in Tab. 5 angegebenen Wasserstandsablesungen, bezogen auf MEZ.

Tab. 5: Wasserstandshöhen in der unteren Wuhle

Datum	Anfang Wuhlesee ORPHIMEDES			Hoppendorfer Straße			Am Bahndamm		
	MEZ	Ablesung	m NHN	MEZ	W in cm	m NHN	MEZ	W in cm	m NHN
06.04.02	10:00	390 mm	32,49	11:00	57	32,48	11:15	93	32,35
27.06.02	08:14	710 mm	32,81	10:45	71	32,62	11:00	96	32,38
11.07.02	12:27	830 mm	32,93	13:00	82	32,73	13:15	100	32,42

Die Auswertung der Höhenangaben der Wasserstände zeigt, auch als Gefälle der Fließstrecken, große Unterschiede. Diese sind in den Unsicherheiten der Bezugshöhen der Pegelnullpunkte, d. h. auch der offiziellen Festpunkthöhen begründet. In der DDR wurde 1956 das Höhennetz an den Kronstädter Pegel angeschlossen. Diese Höhen wurden als „Höhen über Höhennull“ (HN) bezeichnet. Die Differenz zwischen Amsterdamer (NN = „Normalnull“) und Kronstädter Pegel kann zwischen 12 und 16 cm betragen. Im Zuge der Wiedervereinigung kam es 1993 zu einer neuen Definition des Höhensystems mit der Bezeichnung Deutsches Haupthöhennetz 1992 (DHHN92). Es bezieht sich weiterhin auf den Amsterdamer Pegel, hat aber durch Neubestimmung der Erdschwere Abweichungen zum ehemaligen NN-System von wenigen Millimetern [Richter et al., 2003]. Die genaue Umrechnung zwischen den Systemen gestaltet sich teilweise sehr schwierig. Insgesamt ist es zweckmäßig, das Gefälle der Wuhle in dem durch den Rückstau der Spree beeinflussten Abschnitt mit einem einheitlichen Höhenniveau zu bestimmen. Bei den vorhandenen Unsicherheiten und möglichen systematischen Fehlern ist es angeraten, eingehende Höhenmessungen und hydraulische Auswertungen erst nach Stilllegung des Klärwerkes Falkenberg vorzunehmen. Mit den dann geringeren Abflüssen der Wuhle werden die Wasserstandsdifferenzen in der rückgestauten Fließstrecke minimiert. Damit werden die Korrekturen der Wasserstandsmessungen vereinfacht und übersichtlicher gestaltet.

Für das erstellte numerische Grundwassermodell (Kap. 3.5) ist, wie von Theis [2002] zur modellgestützten Ermittlung der Grundwasserzutritte am Elbe - Havel - Kanal für das Bewirtschaftungsmodell TWM P17 dargelegt wurde, bei der zeitlichen Auflösung die Verwendung mehrtägiger Perioden mit gleicher Abflusscharakteristik oder von Monatsmittelwerten ausreichend. Bei den weiteren Auswertungen werden in Anhang D die täglichen Schwankungen und Mittelwerte der Wasserstände an der Messstelle „Anfang Wuhlesee“ als Höhendifferenzen zum MW Spree 1991 - 2000 von 32,37 m NHN ermittelt. Von der Honsfelder Straße bei km 5,8 liegen Schreibpegelaufzeichnungen und jeweils von 0:00, 6:00, 12:00 und 18:00 Uhr digitale Messdaten vor. Die daraus als Hauptwerte der Jahresreihe 1991 bis 2000 und in den Jahreslisten 2000 und 2001

übergebenen Daten sind in Beziehung zu den Grundwasserständen und -blänken im Gebiet oberhalb des etwa 2 m hohen Absturzes Heese-/Heerstraße bedeutsam. Sie weisen im Tagesgang ein ähnliches Schwankungsverhalten wie an der Messstelle „Anfang Wuhlesee“ auf. Oberhalb des Wehres „Köthener Straße“ bei km 16,0 sowie an den vorhandenen Abstürzen an der Landsberger Allee / Kippensturz bei km 13,2 und Feldberger Ring bei km 9,8 wurden provisorische Messstellen zur Abflussbestimmung geschaffen [Hydro - Consult, 2000]. Es konnten damit aber keine zuverlässigen Abflüsse bestimmt werden. Die mit Messsonden digital bei 15-Minuten-Auflösung zeitweilig ermittelten Daten geben aber den Tagesgang mit gleichartigem Schwankungsverhalten wieder und sind deshalb vorwiegend für die Fließzeitbestimmung geeignet.

3.2.2 Abflussmessungen

Für die Abflussermittlung wurden in den vergangenen Jahren die Grundlagen verbessert. Es liegen querschnitts- oder anlagenbezogene Messergebnisse der Wuhle von den in Tab. 6 angegebenen Messstellen vor.

Tab. 6: Messergebnisse Wuhle mit hoher zeitlicher Auflösung

Wuhle km	Bezeichnung der Messstelle	Messstellen-nummer	Art der Abfluss-messungen	Vorliegender Mess-Zeitraum
1,0	Am Bahndamm / S-Bahn Erkner	5865300	Ultraschall	01.03.01-05.05.02
2,7	Hoppendorfer Straße	5865200	Flügelmessung	nur vor Wuhleausbau
5,8	Honsfelder Straße	5865000	Flügelmessung	01.11.00-06.02.02
7,9	Wuhletal / S-Bahn Straußberg	-	Ultraschall	05.04 -31.11.01
17,2	Kläranlage Falkenberg	-	Messungen des Zuflusses der BWB	01.04.01- 31.01.02

Von den Ultraschall-Messstellen „Am Bahndamm“ (S-Bahn Erkner) und „Wuhletal“ (S-Bahn Straußberg) liegen die Messdaten mit hoher Auflösung als 5-Minutenwerte digital vor. Sie konnten für den Zeitraum von Mai bis November 2001 ausgewertet werden. In diesem durch Rückstau und auch durch starke Verkräutung beeinflussten unteren Wuhleabschnitt stellte die Ermittlung des Abflusses früher ein Problem dar. Sie erfolgte durch Flügelmessungen an der Hoppendorfer Straße. Von der Messstelle „Honsfelder Straße“ liegen seit den 70iger Jahren Messergebnisse vor. Sie repräsentieren etwa $\frac{2}{3}$ des Wuhleinzugsgebietes auf der Barnimhochfläche. Die Hauptwerte der Jahresreihe 1991 bis 2000 und die Jahreslisten 2000 und 2001 wurden von der Senatsverwaltung (Abt. VIII, Integrativer Umweltschutz) zur Verfügung gestellt. Da auch diese in der Gefällestrecke liegende Messanlage häufig durch Rückstau und starke Verkräutung beeinflusst wird, sind die dort ermittelten Abflussdaten nur bedingt belastbar. Die von den Ultraschall-

Messstellen „Am Bahndamm“ und „Wuhletal“ vorliegenden Messdaten sind in Anhang E graphisch ausgewertet, in Monatslisten zusammengefasst und den 15-Minutenwerten der Zulaufmengen der Kläranlage Falkenberg gegenübergestellt. In niederschlagsfreien Perioden ist aus dieser Zusammenfassung der Tagesgang der Klärwerksableitung deutlich erkennbar. Bei Starkniederschlägen treten Abflussspitzen auf, die durch die Direkteinleitungen aus der in Abb. 10 mit dargestellten Regenwasserkanalisation und den größeren Zuflüssen der Mischwasserkanalisation zur Kläranlage Falkenberg sowie dem Notauslass bei km 1,0 verursacht werden. Aus der nachfolgenden Gegenüberstellung der in den Monatslisten errechneten Monatsmittelwerte geht hervor, dass die gemessene Abflussmenge „Am Bahndamm“ annähernd der Zuflussmenge der Kläranlage Falkenberg entspricht. In

Tab. 7 sind auch folgende über Tagesmittelwerte bestimmte Abflusssdifferenzen der einzelnen Monate angegeben:

ΔQ (AB - Wt):	„Am Bahndamm“ – „Wuhletal“,
ΔQ (AB - Hon):	„Am Bahndamm“ – „Honsfelder Straße“,
ΔQ (Hon - Wt):	„Honsfelder Straße“ – „Wuhletal“,
ΔQ (AB - KAF)	„Am Bahndamm“ – „KA Falkenberg“ sowie
ΔQ (Wt - KAF):	„Wuhletal“ – „KA Falkenberg“

Tab. 7: Monatsmittelwerte der Durchflüsse in der Fließstrecke der Wuhle [m³/s]

2001 Monat	Q [m³/s] Kläranlage Falkenberg	Q [m³/s] Wuhleta I	Q [m³/s] Honsfelder Straße	Q [m³/s] Am Bahndamm	ΔQ (Wt – KAF)	ΔQ (Hon – Wt)	ΔQ (AB – KAF)	ΔQ (AB - Hon)	ΔQ (AB – Wt)
Jan.			0,624	1,238					
Feb.			0,551	1,376					
Mrz.			0,561	1,549					
Apr.			0,440	1,353					
Mai	0,994	-	1,416	1,172	-		0,179		-
Jun.	1,122	1,137	0,901	1,340	0,015	-0,236	0,225	0,439	0,208
Jul.	1,177	1,102	0,698	1,249	-0,075	-0,404	0,072	0,551	0,148
Aug.	1,097	1,050	0,970	1,197	-0,047	-0,080	0,099	0,227	0,147
Sep.	1,268	1,310	1,890	1,547	0,042	0,580	0,279	-0,343	0,237
Okt.	1,151	1,148	1,305	1,378	-0,003	0,157	0,227	0,073	0,231
Nov.	1,168	1,126		1,336	-0,042		0,198		0,240

Nach dieser Gegenüberstellung werden an der „Honsfelder Straße“ meistens zu geringe Abflüsse bestimmt. Es ist auch widersprüchlich, dass bei den weiteren Gebietszuflüssen im Auswertungszeitraum Mai bis November 2001 die Durchflüsse „Wuhletal“ meistens kleiner sind als der Zufluss zur Kläranlage Falkenberg. Erst nach stärkeren Niederschlägen werden die Abflüsse „Wuhletal“, insbesondere die in den Monatslisten mit ausgewiesenen Durchflusssdifferenzen ΔQ für die Tageswerte größer. Der Starkregen-Abfluss lässt sich mit den vorliegenden Messdaten aber nicht quantifizieren. Andererseits ist die relativ große Durchflusssdifferenz zwischen den Messstellen „Am Bahndamm“ und „Wuhletal“ auch bei Berücksichtigung der Grundwasserentnahmen der Wasserwerke Kaulsdorf und Wuhlheide zu hoch.

Zur grafischen Darstellung der Abflussverhältnisse in der Fließstrecke wurden in Abb. 18 die Abflussmengen zu Beginn und am Ende eines Gewässerabschnittes als Wertepaare der Monatsmittelwerte gegenübergestellt. Mit Hilfe dieses Diagramms lässt sich für einen bestimmten Zeitraum ablesen, ob die Abflussmenge entlang der Fließstrecke zu- oder abnimmt (mit „+“ bzw. „-“ gekennzeichnet). Im Trockenwetterfall, d.h. wenn größere Zuflüsse aus der Regenwasserkanalisation ausbleiben, lässt sich daraus ableiten, ob im entsprechenden Gewässerabschnitt influente oder effluente Grundwasserverhältnisse vorherrschen. Influyente Verhältnisse liegen dann vor, wenn der Wasserstand in der Wuhle aufgrund von direkten Regenwasser- oder Klarwassereinleitungen über das Niveau des Grundwasserspiegels ansteigt oder wenn ein künstliches Grundwassergefälle durch Grundwasserentnahme erzeugt wurde [vgl. Kap. 3.3.1]. Nach Auswertung der Abflussmessungen lassen sich entlang der Fließstrecke der Wuhle sowohl effluente als auch influente Verhältnisse in den verschiedenen Gewässerabschnitten ausweisen. In der Neuen Wuhle ändert sich die Abflussmenge auf dem Hochflächenbereich zwischen dem Klärwerk Falkenberg und der Messstelle „Wuhletal“ nur geringfügig.

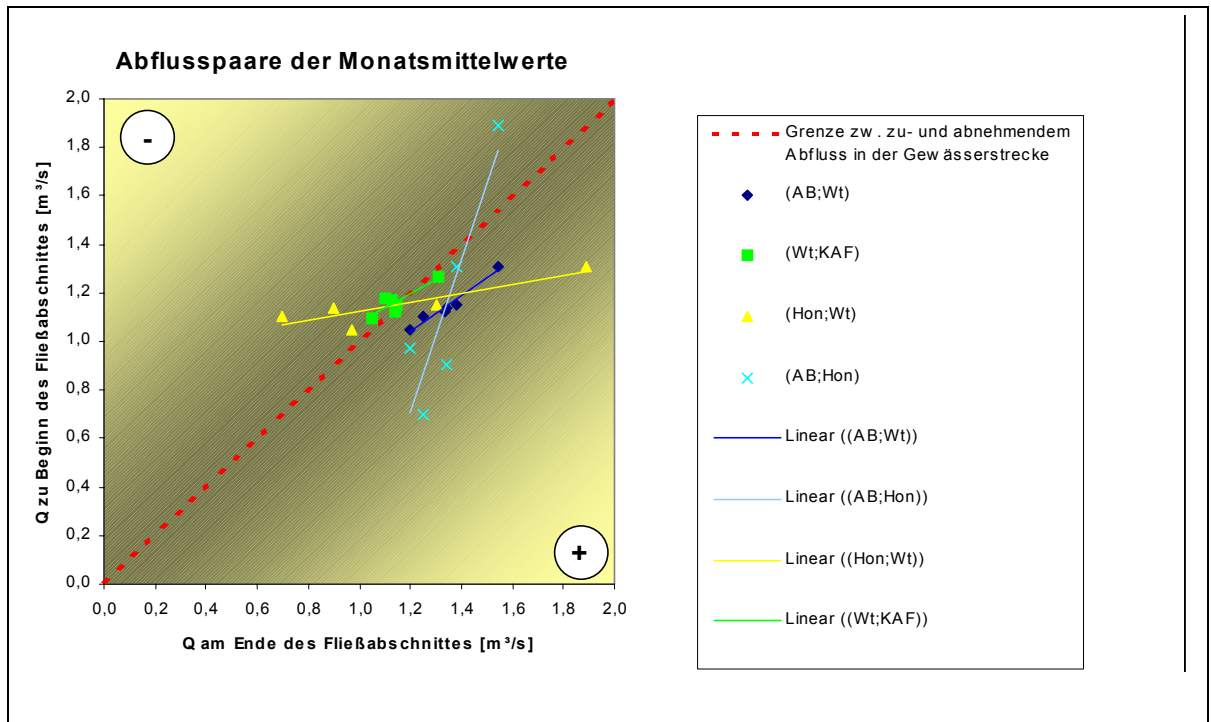
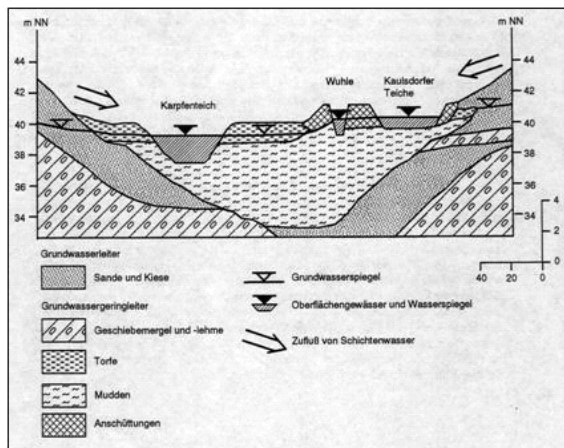


Abb. 18:

Gegenüberstellung der Abflüsse (Monatsmittelwerte Juni-September 2001) verschiedener Messstellen (AB = „Am Bahndamm“; Wt = „Wuhletal“; KAF = „KA Falkenberg“; Hon = „Honsfelder Straße“; „+“ = Abflusszunahme; „-“ = Abflussverlust).

Zwischen den Messstellen „Wuhletal“ und „Honsfelder Straße“, also im Übergangsbereich Hochfläche-Urstromtal, sind starke Abflussverluste von über 400 l/s zu verzeichnen. Dies ist auf den Potenzialunterschied zwischen dem von der Wuhle dränierten Schlauchsander und dem unbedeckten Grundwasserleiter in der Spreeniederung zurückzuführen. Der Schlauchsander wird in Richtung des Potenzialabfalls in die Fläche entwässert. Damit infiltriert auch Oberflächenwasser aus der Wuhle in den Grundwasserleiter. Dieses Phänomen lässt sich auch an anderen Fließen beim Übergang in das Urstromtal beobachten (z.B. Demnitzer Mühlenfließ bei Fürstenwalde; [Zastrutzki, 2003]). Wie aus dem Diagramm ebenfalls ersichtlich wird, ist der Wasserverlust in der Wuhle von der Durchflussmenge abhängig. Die Abflussverluste treten nur auf, wenn die Abflüsse an der Messstelle „Wuhletal“ unterhalb der Ablaufmenge des Klärwerks liegen (zw. 1,1 und 1,2 m³/s). Durch die Darstellung von schematisierten Querschnitten vor und nach dem Übergangsbereich von der Hochfläche zum Urstromtal (Abb. 19) werden die je nach Lage in der Fließstrecke vorherrschenden hydraulischen Bedingungen veranschaulicht.

Schematischer Querschnitt durch das Wuhletal süd. S-Bahnhof Wuhletal



Schematischer Querschnitt durch die Wuhle nördl. der Honsfelder Brücke

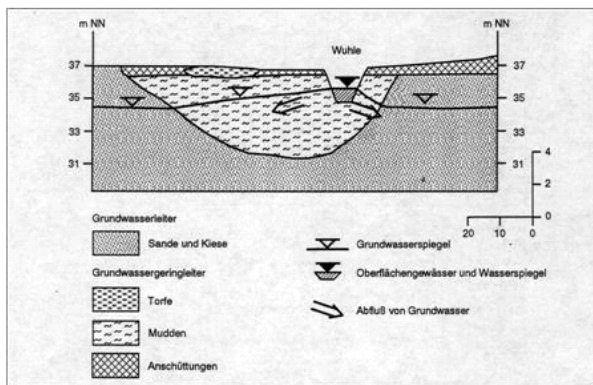


Abb. 19:
Schematische Querschnitte durch die Wuhle mit Wasserspiegellagen und entsprechender Lageskizze [aus UMD, 1997, verändert].

Im anschließenden Wuhleabschnitt zwischen „Honsfelder Straße“ und „Am Bahndamm“ ist aufgrund der Regenwassereinleitungen und des tief in den Grundwasserleiter eingeschnittenen Wuhleprofils mit einer Zunahme der Abflussmenge zu rechnen. Abflussmindernd hingegen wirken die Entnahmen der Wasserwerke Kaulsdorf und Wuhlheide. In diesem Abschnitt sind nach Abb. 18 erst bei höheren Abflüssen ($> 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$) Verluste über die Fließstrecke zu verzeichnen.

Die mit Ultraschallmessungen für die statistische Auswertung bestimmten Durchflüsse der Messstelle „Am Bahndamm“ sind in Tab. 8 denen mit Flügelmessungen bestimmten Durchflüssen gegenübergestellt: Nach den Vergleichsmessungen sind die Differenzen nicht erheblich. Für die Abflussdaten werden deshalb die Durchflüsse „Am Bahndamm“ als maßgeblich angenommen.

Tab. 8: Vergleich der Durchflussmessergebnisse „Am Bahndamm“

Messung Nr.	Messdatum	Uhrzeit		Durchfluss [m³/s]		Differenz	
		Beginn	Ende	Ultraschall	Flügelmessung	[m³/s]	[%]
5	10.08.00	13:10	13:42	0,778	0,842	-0,064	-7,6
6	06.10.00	12:50	13:25		0,884		
7	07.12.00	13:20	14:00	0,710	0,757	-0,047	- 6,2
8	18.09.01	11:35	12:20	1,23	1,31	-0,080	-6,6
9	31.01.02	12:35	13:05	1,31	1,29	0,020	1,6

Die festgestellten Differenzen der Abflüsse in der Fließstrecke, welche durch systematische und zufällige Messfehler begründet sind, können nach Einstellung der Klärwerksableitung wesentlich zutreffender bewertet werden.

3.2.3 Ermittlung von Fließzeiten gleich großer Abflüsse

Für die mit hoher zeitlicher Auflösung von den Ultraschall- Anlagen gemessenen Abflüsse zeigt die monatliche grafische Auswertung in Anhang E, dass sich die an der Messstelle „Wuhletal“ festgestellten Senken und Abflussspitzen in annähernd gleicher Form bis zur Messstelle „Am Bahndamm“ fortsetzen.

Zur Feststellung der Laufzeiten des gleichgroßen wellenförmigen Abflusses ist die zeitliche Verschiebung und Überlagerung der Ganglinien geeignet. Dazu ist in Tabelle 8 in der ersten Spalte für niederschlagsarme Perioden der ausgewertete Zeitraum angegeben. Die nächste Spalte gibt an der Messstelle „Am Bahndamm“ im ausgewerteten Zeitraum den Mittelwert MQ AB in m³/s der gemessenen Abflüsse an. Mit einem Faktor aus den Mittelwerten $(MQ\ AB)/(MQ\ Wt)$ wird der in der Zeitspanne der Laufzeit gemessene Abfluss „Wuhletal“ auf die Größe des Abflusses „Am Bahndamm“ gebracht. Die daraus gemittelten Durchflussdifferenzen ΔMQ stellen - für die angegebenen Zeitverschiebungen - die berechneten Abweichungen der mit dem Faktor erhöhten Abflüsse „Wuhletal“ dar. Aus den minimierten Durchflussdifferenzen der Absolutwerte $ABS(\Delta Q)$ ergeben sich die in Tab. 9 angegebenen Laufzeiten. Die zeitlichen Unterschiede sind auch auf die stärkere Verkräutung zurückzuführen.

Tab. 9: Fließzeiten zwischen „Wuhletal“ km 7,9 und „Am Bahndamm“ km 1,0 (2001).

Zeitraum von bis		Mittelwert MQ AB [m³/s]	Faktor = (MQ AB)/(MQ Wt)	Mittelwert Wt*Faktor	ΔMQ [l/s]	ABS(ΔQ) [l/s]	Laufzeit (Zeitspanne)
Juni	15. Juni	1,28613	1,152	1,28573	0,40	113,39	3:20 h
00:00	23:55	1,28613	1,152	1,28577	0,37	112,29	3:10 h
		1,28613	1,152	1,28579	0,34	112,21	3:00 h
		1,28613	1,152	1,28582	0,31	112,82	2:50 h
		1,28613	1,152	1,28583	0,30	114,55	2:40 h
		1,28613	1,152	1,28586	0,27	121,39	2:20 h
		1,28613	1,152	1,28585	0,28	132,76	2:00 h
		1,28613	1,152	1,28566	0,47	177,62	1:00 h
01. Juli	07. Juli	1,16347	1,140	1,15221	0,39	78,36	3:40 h
00:00	23:55	1,16347	1,140	1,15176	0,80	75,64	3:20 h
		1,16347	1,140	1,15122	0,65	78,38	3:00 h
		1,16347	1,140	1,15091	1,37	78,51	2:50 h
18. Juli	28. Juli	1,11399	1,148	1,11471	-0,72	68,69	3:30 h
00:00	23:55	1,11399	1,148	1,11462	-0,63	67,96	3:20 h
		1,11399	1,148	1,11445	-0,46	69,32	3:00 h
02. Aug	10. Aug	1,21358	1,122	1,14518	0,18	92,57	3:40 h
00:00	23:55	1,21358	1,122	1,14423	0,24	91,38	3:20 h
		1,21358	1,122	1,14331	0,26	95,17	3:00 h
28. Aug	31. Aug	1,13082	1,156	1,13296	-2,14	88,52	3:10 h
00:00	23:55	1,13082	1,156	1,13078	0,04	87,90	3:00 h
		1,13082	1,156	1,12644	4,38	88,77	2:40 h
21. Sep	31. Sep	1,40725	1,208	1,40892	-1,67	126,51	3:20 h
00:00	23:55	1,40725	1,208	1,40824	-0,99	126,19	3:00 h
		1,40725	1,208	1,40788	-0,62	128,39	2:50 h
05. Okt	08. Okt	1,17041	1,224	1,33594	1,00	114,32	3:20 h
00:00	23:55	1,17041	1,224	1,33676	0,18	110,51	3:00 h
		1,17041	1,224	1,33724	-0,29	110,77	2:50 h

Aus der vorgenommenen Überlagerung der Abflussganglinien wurden für unterschiedlich große Zeitperioden in Tab. 9 Laufzeiten von etwa 3 Stunden, bezogen auf 6,9 km Lauflänge, d.h. $v_L = 2,3 \text{ km/h} = 0,64 \text{ m/s}$, bestimmt. Beim Mittelwert des Abflusses von $Q_m = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und Abflussquerschnitten zwischen 5 und 7 m^2 unterscheidet sich die Laufzeitgeschwindigkeit des gleichgroßen wellenförmigen Abflusses deutlich von der mit der Kontinuitätsgleichung aus Q/A bestimmten mittleren Fließgeschwindigkeit v_m . In der Fließstrecke mit überwiegend starkem Rückstau ist v_m mit etwa 0,2 m/s deutlich kleiner

als die Laufzeitgeschwindigkeit. Das bedeutet aber, dass für die Laufzeit der instationären Abflüsse, ob als Max- oder Min-Wert, d.h. als Abfluss-Scheitel oder –Senke, eine von der mittleren Querschnittsgeschwindigkeit v_m abweichende Laufgeschwindigkeit v_L maßgeblich ist.

Zur eingehenden Charakterisierung der instationären Durchflussverhältnisse sind in Abb. 20 für den Zeitraum vom 12. und 13.06.2001 die Ganglinien des Zuflusses der Kläranlage Falkenberg und der unkorrigierten Abflüsse „Wuhletal“, „Honsfelder Straße“ und „Am Bahndamm“ dargestellt. Als Tagesmittelwert wurden bei 4,2 mm Niederschlag am Mittag und Nachmittag des 12.06.01 folgende Werte gemessen (Tab. 10):

Tab. 10: Tagesmittelwerte der Abflussmengen verschiedener Messstellen entlang der Wuhle („Zulauf KA Falkenberg“, „Wuhletal“ und „Am Bahndamm“).

Datum	Kläranlage Falkenberg	Wuhletal	Am Bahndamm
12.06.01	1,512 m³/s	1,373 m³/s	1,439 m³/s
13.06.01	1,121 m³/s	1,264 m³/s	1,604 m³/s

Die Abflüsse der Messstelle „Honsfelder Straße“ wurden bei den großen Abweichungen nach

Tab. 7 in den Auswertungen nicht berücksichtigt.

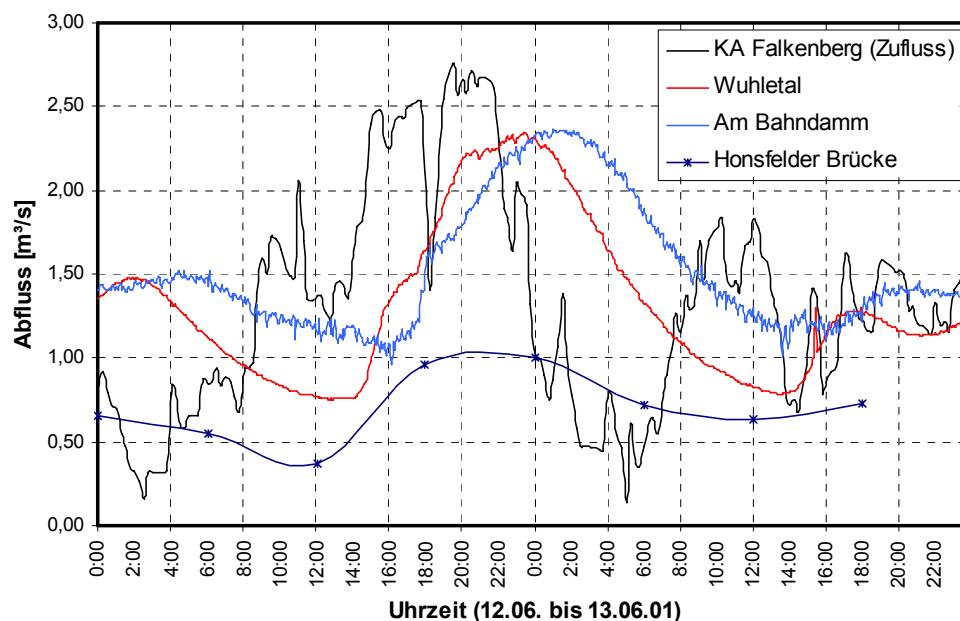


Abb. 20: Zeitgleiche Ganglinien der Zu- und Abflussgrößen der Wuhle.

Die Geschwindigkeits- und Laufzeitverhältnisse sowie die vorliegenden Messunsicherheiten können über Wasserstand-Durchfluss-Beziehungen (WQB) und

hydraulische Ermittlungen eingehender analysiert werden. Zur detaillierten Erfassung der Laufzeiten und -geschwindigkeiten sind meistens die Ganglinien der Wasserstände bei instationären Abflussverhältnissen ausreichend, da hiervon mehr und zutreffendere Messdaten vorliegen. Für die numerische Grundwassermodellierung sind die Angaben in solcher Detailliertheit nicht erforderlich.

3.3 Wasserhaushalt und –bilanz des Untersuchungsgebietes

Die Modellierung von Wasserhaushaltsszenarien als Grundlage nachhaltiger Wasserbewirtschaftung bedingt eine möglichst genaue Kenntnis der Abflusskomponenten. Das Niederschlagswasser eines Gebietes wird unter Einfluss der standortabhängigen Boden- und Klimafaktoren in die Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung sowie oberirdischen und unterirdischen Abfluss aufgeteilt. Die Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate ist essentiell bei der Betrachtung von Wasserbilanzen. Die Berechnung von Modellparametern zur Simulation der Grundwasserströmung ist nur dann sinnvoll, wenn die Grundwasserneubildung bekannt ist und die Unsicherheit bei der Berechnung ermittelt wurde. Über die Einbeziehung der Grundwassernutzung (Rohwasserfördermengen und Uferfiltratanteil) und der Siedlungshydrologie kann dann eine Gesamtbilanz vorgenommen werden.

3.3.1 Hydraulik und Kolmationsvorgänge bei der Uferfiltration

In Berlin nimmt Uferfiltrat einen beträchtlichen Anteil des wasserhaushaltlich verfügbaren Dargebots ein. Die exakte Höhe des Uferfiltratanteiles an der Rohwassergewinnung lässt sich nur sehr schwer bestimmen bzw. grob abschätzen, da sie von einer Vielzahl von Faktoren (hydraulische Randbedingungen, Durchlässigkeit der Gewässersohle, Wasserführung des Gewässers, Förderregime usw.) abhängig ist. Im Folgenden wird der Vorgang der Uferfiltration und die sie beeinflussenden Größen näher dargestellt und die entsprechenden Strömungsvorgänge mathematisch beschrieben.

Bei einem natürlichen oder durch ufernahe Grundwasserförderung künstlich erzeugten Potenzialgefälle tritt Oberflächenwasser aus Flüssen und Seen als sog. Uferfiltrat in den Untergrund über. Während der Untergrundpassage wird das Oberflächenwasser in seiner qualitativen Beschaffenheit verändert:

- Filtration von Schwebstoffen
- Verringerung des Nitratgehaltes
- Verringerung der pathogenen Keime
- Reduzierung organischer Verunreinigungen und Abbau organischer Spurenstoffe
- Harmonisierung der Wassertemperatur

Bei der Grundwassergewinnung kann somit die Uferfiltration zur Stützung des natürlichen

Grundwasserdargebotes aus Niederschlägen dienen. Die gezielte Gewinnung von Uferfiltrat begann in Deutschland in den 70er und 80er Jahren des 19. Jahrhunderts [BMI, 1975, 1985]. Neben dem Uferfiltrat gelangt auch das im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet neu gebildete Grundwasser in die Fassungsanlage. Damit ist das dort geförderte Rohwasser mengen- und qualitätsmäßig generell ein Mischwasser aus Uferfiltrat und dem sich aus Niederschlägen erneuernden Grundwasser [Heeger, 1975]. Durch das Ablagern von festen Partikeln aus dem Oberflächenwasser an der Gewässersohle kann die Uferfiltration erheblich vermindert und unter Umständen ganz wirkungslos werden. Entlang der Fließstrecke eines Flusses können sich die hydrologischen Verhältnisse hinsichtlich der Abflussprozesse ändern. Während im Quellbereich eines Flussgebietes vorwiegend effluente Verhältnisse anzutreffen sind, also aufgrund der Gradienten eine Grundwasserexfiltration in Richtung des Vorfluters zu beobachten ist, können sich diese Abflussverhältnisse im Auenbereich umkehren. Hier sind auch influente Verhältnisse anzutreffen, d.h. Flusswasser infiltriert in den Grundwasserleiter (natürliche Uferfiltration). Grundsätzliche Studien zu diesem Thema sind u. a. bei Massmann [2003], GSF [1997], Schäfer [1999], Ubell [1987], Drost [1997], VEB Hydrogeologie [1975] zu finden. Die Strömungsvorgänge bei der Uferfiltration lassen sich durch spezielle Randbedingungen hydraulisch als Sonderfall der allgemeinen Grundwasserströmung beschreiben. Unter der vereinfachten DUPUIT – FORCHHEIMER - Annahme (Filtergeschwindigkeit über die Tiefe konstant und horizontal gerichtet), lässt sich die DARCY - Gleichung wie folgt beschreiben:

$$q = -T \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

mit dem Durchfluss über die Tiefe q [m] und der Transmissivität T [m²/s] als Produkt aus Durchlässigkeitsbeiwert k_f und Grundwassermächtigkeit M . Messtechnisch und methodisch kann diese hydraulische Wechselwirkung dann wie folgt beschrieben werden:

$$q_{GW} = \frac{k_f}{m} \cdot (h_F - h_{GW}) = L \cdot (h_F - h_{GW})$$

mit:

q_{GW}	Grundwasserinfiltrationsrate [m/s]
m	Kolmationsschicht des Vorfluters (Mächtigkeit des Flusssediments) [m]
k_f	hydraulische Durchlässigkeit des Sediments [m/s]
L	Leakagefaktor (Transferkoeffizient) [s ⁻¹]
h_F	Wasserstand im Fluss [m ü. NN]
h_{GW}	Grundwasserstand [m ü. NN]

Bei der Bilanzierung der Austauschvorgänge, also der Berechnung der Flüsse (Volumen/Zeit) zwischen Grund- und Oberflächenwasser, kommt zu obiger Gleichung noch ein Faktor für die Fläche, die an dem Austausch beteiligt ist (z.B. Breite des Vorfluters · Länge des bilanzierten Flussabschnitts). In Abb. 21 werden die oben aufgezeigten Zusammenhänge grafisch dargestellt.

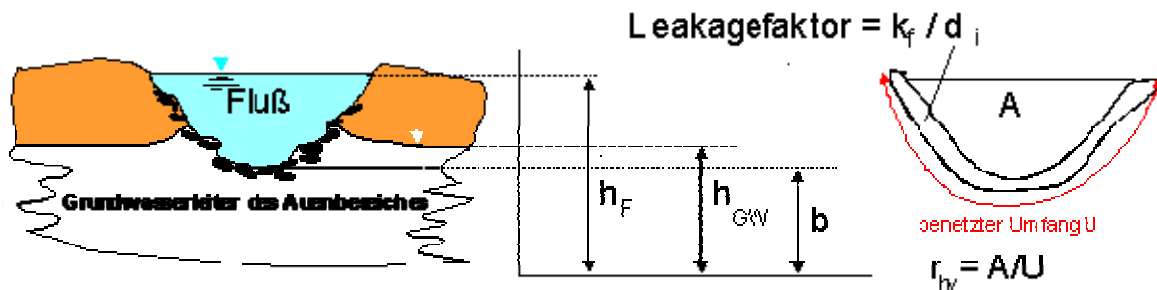


Abb. 21:
Graphische Darstellung der Messgrößen zur Bestimmung der hydraulischen Wechselwirkung zwischen Aquifer und Vorfluter.

Die Filtration beruht auf der mechanischen Filterwirkung des Bodens und der darunter lagernden Sedimente. Beim Eintreten des Infiltrats in den Untergrund werden ungelöste anorganische sowie kolloidal gebundene Wasserschadstoffe in Abhängigkeit von ihrer Größe und den Gesteinseigenschaften (Korngerüst) zurückgehalten. Die Anlagerung der ungelösten Bestandteile des Wassers kann sowohl an der Oberfläche (äußere Kolmation) als auch im Innern des Korngerüsts (innere Kolmation) erfolgen [Jordan & Weder, 1988]. Die durch die mechanische Siebwirkung des Untergrundes verursachten Ablagerungen führen somit zu einer Selbstdichtung der Gewässersohle.

Matthess et al. [2000] nennt als Ursachen einer solchen Selbstdichtungsschicht:

- Oberflächlich abgelagerte oder in den Porenraum eingeschwemmte Sedimentpartikel
- Ablagerte oder auf der Gewässersohle lebende Mikroorganismen
- Unlösliche Fällungsprodukte wie im Porenraum ausgeflockte Kolloide, Eisen-, Mangan- und Calcium-Verbindungen

Eine im ufernahen Bereich befindliche Wassergewinnungsanlage verstärkt die Kolmationsvorgänge an der Gewässersohle, da sich das Potenzialgefälle vom oberirdischen Gewässer zum Grundwasser durch den erzeugten Absenktichter erhöht.

Der Grad der Kolmation wird durch die Wasserinhaltsstoffe und die Infiltrationsrate, also der pro Zeiteinheit in den Untergrund versickernden Wassermenge, bestimmt. Mit steigendem Kolmationsgrad und der damit verbundenen Herabsetzung der Durchlässigkeit nimmt der Uferfiltratanteil an der Gesamtfördermenge ab.

3.3.2 Uferfiltratanteil an der Gesamtfördermenge

Uferfiltrat hat für die Trinkwasserversorgung Berlins eine große Bedeutung. Auf Grund der Lage der Fassungsanlagen in der Nähe der Vorfluter Havel und Spree wird durch die Wasserwerke auch ein gewisser Anteil Uferfiltrat gefördert. Durch die Funktion der Gewässer als Vorfluter der Klärwerke nimmt die mengenmäßige Erfassung und qualitative Bewertung des Uferfiltrats eine bedeutende Rolle in der Wasserforschung ein [Fritz et al., 1998, 2000, 2004; Ziegler et al., 2000; Wiese et al., 2004; Wischnack et al., 2000].

Zur Ermittlung des Uferfiltratanteils an der gesamten Rohwasserfördermenge einer Fassungsanlage sind verschiedene Methoden nutzbar, welche im Folgenden kurz dargestellt werden sollen:

Bei den **Hydrologischen Methoden** erfolgt die Bestimmung des Uferfiltratanteils durch Messung des oberirdischen Abflusses vor und während der Grundwasserförderung oder im Ober- und Unterstrom der Infiltrationsstrecke des betroffenen Gerinnes. Hierbei sind möglichst genaue Abflussmessungen notwendig, da sich der Uferfiltratanteil aus der Differenz der gemessenen Abflüsse ergibt. Diese Methoden sind nur auf relativ kleine Fließgewässer anwendbar, da bei größeren Flüssen und Strömen die infiltrierende Uferfiltratmenge im Bereich der Messungenauigkeit liegt.

Hydrochemische und Isotopen-hydrochemische Methoden: Wenn sich infiltriertes Wasser und landseitiges Grundwasser chemisch oder isotopisch deutlich unterscheiden, lässt sich unter günstigen Bedingungen durch Vergleich der Analysedaten von Fluss-, Grund- und Mischwasser der Anteil des Uferfiltrats am geförderten Mischwasser errechnen. Da ein Teil der Wasserinhaltsstoffe sich bereits während der Infiltration durch die Gewässersohle verändert und sich vielfach dem Charakter des landseitigen Grundwassers angleicht, sind nur konservative Substanzen, wie Natrium- und Chlorid-Ionen oder stabile Isotope, für solche Vergleichsrechnungen geeignet. Wenn sich die Konzentrationen dieser Leitsubstanzen bei der Uferfiltration nicht ändern, kann der prozentuale Anteil des Uferfiltrats am Mischgrundwasser x ermittelt werden:

$$x = \frac{c_{GW'} - c_{GW}}{c_{GFI} - c_{GW}} \cdot 100$$

mit:

Konzentration im korrespondierenden Grundwasser	c_{GW}
Konzentration im Fluss	c_{GFI}
Konzentration im korrespondierenden Mischgrundwasser	$c_{GW'}$

Hierbei müssen die Analysewerte von Fluss-, Grund- und Mischgrundwasserproben

eingesetzt werden, die einander zeitlich unter Berücksichtigung der Filtrationsdauer entsprechen. Die Filtrationsdauer lässt sich durch die Zuordnung von Konzentrationsmaxima oder –minima im Fluss zu solchen im Mischgrundwasser oder indirekt durch Bestimmung der Abstands- oder Filtergeschwindigkeiten mit hydrogeologischen oder Isotopen-hydrometrischen Methoden ermitteln [Balke et al., 2000].

Die **Hydrogeologischen Methoden** basieren auf der Messung von Grundwasserständen und deren Auswertung in Form von Grundwassergleichen bzw. Strom- und Potenziallinienplänen. Hieraus lassen sich dann die Einzugsgebiete der Wasserfassungen innerhalb des Untersuchungsgebietes ausweisen und damit auch der Anteil des Uferfiltrates an der Gesamtfördermenge wasserhaushaltlich bestimmen.

Wenn im zu untersuchenden Gebiet die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind, kann auch eine Kombination aus mehreren Methoden angewandt werden, um so die ermittelten Ergebnisse zu verifizieren. In dieser Arbeit soll der Uferfiltratanteil hydrogeologisch über den Gesamtwasserhaushalt des Einzugsgebietes bestimmt werden. Durch die Überführung der wasserhaushaltlichen Größen in ein numerisches Grundwassermodell und dem Abgleich der berechneten und gemessenen Grundwasserstände kann das Ergebnis zusätzlich überprüft werden.

3.3.3 Methodik zur Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten

Nach der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung entspricht der vieljährige Mittelwert des Gesamtabflusses R der Differenz der Mittelwerte von Niederschlagsmenge P und tatsächlicher Verdunstung ETa .

$$\overline{R} = \overline{P_{kor}} - \overline{ETa}$$

mit:

$\overline{P_{kor}}$	Mittelwert für die korrigierte Jahresniederschlagshöhe
\overline{ETa}	Jahresmittelwert für die tatsächliche Verdunstungshöhe
\overline{R}	Jahresmittelwert für die Gesamtabflusshöhe

Der Gesamtabfluss eines geschlossenen Einzugsgebietes, also die Summe aus ober- und unterirdischem Abfluss, stellt das Wasserdargebot des Bilanzgebietes dar.

Die Verdunstung im Naturraum wird hauptsächlich über die Vegetationsart, die klimatischen Bedingungen und die lokalen Bodenparameter bestimmt. Im urbanen Raum wird die Verdunstung erheblich durch die Siedlungsstruktur respektive Bebauung und Versiegelung reduziert, da dort nur der nicht abgeleitete Teil der Regenwassermenge

verdunsten kann. Damit ist der Gesamtabfluss von besiedelten Flächen deutlich höher als unter natürlichen Verhältnissen mit ausgeprägter Vegetation.

Die in die numerischen Modelle eingehenden Wasserhaushaltsgrößen werden mit Hilfe des von Glugla [Glugla & Fürtig, 1997] entwickelten Abflussbildungsmodells ABIMO bestimmt. Dieses Modell wurde durch Module erweitert, um der speziellen Abflusssituation in urbanen Gebieten zu genügen. Diese Erweiterung wurde gutachterlich durch das Institut für Ökologie (Bodenkunde) der TU Berlin [Wessolek & Facklam, 1997] und durch eine Diplomarbeit am Fachbereich Geographie der FU Berlin unterstützt [Bach, 1997].

Bei der rechentechnischen Realisierung, die durch ein externes Softwarebüro erfolgte, wurde es außerdem an die spezielle Datenlage in Berlin angepasst. Die so ermittelten Daten liegen für 25.000 Einzelflächen des Berliner Stadtgebietes vor und wurden zur weiteren Bearbeitung von der Senatsverwaltung zur Verfügung gestellt. Die komplexe Struktur des Modells wird in Abb. 22 vermittelt. Für die Anwendung des Verfahrens im Berliner Stadtgebiet mussten die Parameter n und die Infiltrationsfaktoren für unterschiedliche Versiegelungsmaterialien bestimmt werden (Tab. 11). Hierzu wurden sowohl Lysimeterversuche mit verschiedenen Versiegelungsmaterialien als auch Berechnungen zum Benetzungsverlust ausgewertet.

Tab. 11: Effektivitätsparameter n und Infiltrationsfaktor F_i für unterschiedliche Belagsklassen

Belagsklasse	Belagsarten	Effektivitätsparameter n	Infiltrationsfaktor F_i
-	Dachflächen	0,05	0
BLK1	Asphalt, Beton, Pflaster mit Fugenverguß oder Betonunterbau, Kunststoffbeläge	0,11	0,1
BLK2	Kunststein- und Plattenbeläge (Kantenlänge > 8 cm), Betonverbundpflaster, Klinker, Mittel- und Großpflaster	0,11	0,3
BLK3	Klein- und Mosaikpflaster (Kantenlänge > 8 cm)	0,25	0,6
BLK4	Rasengitterstein, wassergebundene Decke, Schotterrasen	0,4	0,9

Zur Berechnung des Gesamtabflusses werden die langjährigen Mittelwerte des Niederschlages (1961-1990) und der realen Verdunstung herangezogen. Die reale Verdunstung ergibt sich aus der potentiellen Verdunstung sowie den mittleren Speichereigenschaften der verdunstenden Flächen. Hierbei wurden für die potenzielle Verdunstung langjährige Mittelwerte der um 10 % erhöhten TURC-Verdunstung verwendet [Turc, 1961; DVWK, 1996].

Die lokalen Speichereigenschaften werden insbesondere durch die Nutzungsform und die Bodenart bestimmt. Größere Bindigkeit oder Durchwurzelungstiefe erhöhen die Speicherwirkung der Böden und somit auch die Verdunstungsmenge. BAGROV stellte eine Beziehung zwischen den langjährigen Mittelwerten der realen Verdunstung \overline{ETa} sowie des Niederschlages, der potentiellen Verdunstung \overline{ETp} und der Verdunstungseffektivität des Standortes andererseits auf [Bagrov, 1953].

$$\frac{\partial \overline{ETa}}{\partial \overline{P}_{kor}} = 1 - \left(\frac{\overline{ETa}}{\overline{ETp}} \right)^n$$

Mit dieser Beziehung lässt sich die an Standorten und Gebieten ohne Grundwassereinfluss tatsächlich auftretende Verdunstung ermitteln. Der Effektivitätsparameter n charakterisiert hierbei die Speicherkapazität des Interzeptions- und Bodenspeichers und wird nach der BAGROV-Beziehung aus den Quotienten

$$\frac{\overline{ETa}}{\overline{ETp}} \text{ und } \frac{\overline{P}_{kor}}{\overline{ETp}}$$

ermittelt (vgl. Abb. 23). Die Ableitung des Parameters n erfolgte durch vieljährige Untersuchungen aus Lysimeterversuchen.

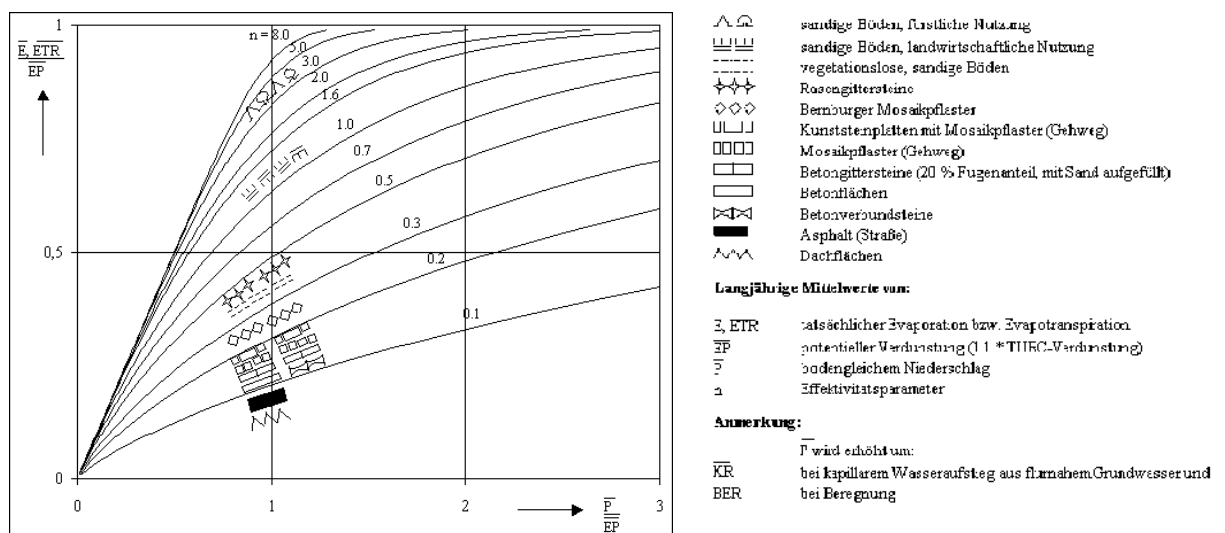


Abb. 23:
Graphische Darstellung der BAGROV-Gleichung für ausgewählte Werte des Parameters n und Abhängigkeit dieses Parameters von Landnutzung und Bodenart [Glugla & Krahe, 1995].

Durch Modifikation des BAGROV-Verfahrens kann dieses auch bei grundwasserbeeinflussten Gebieten mit erhöhter Wasserverfügbarkeit angewandt werden. In diesen Fällen wird die mittlere Kapillarwasserzufuhr aus dem Grundwasser der

Niederschlagsmenge zugerechnet. In Zehrungsgebieten (z. B. Fluss- und Seenniederungen) übersteigt die reelle Verdunstung den Niederschlag und die Abflusswerte werden negativ.

Im Ergebnis der Berechnungen liegen im Stadtgebiet Berlin für 2.486 Einzelflächen langjährige Mittelwerte für den Gesamtabfluss R, den Oberflächenabfluss ROW und die Versickerung RI im Einzugsgebiet der Wuhle vor. Es muss beachtet werden, dass die dargestellten Werte Mittelwerte über die als einheitliche Flächen dargestellten Blöcke sind, die in der Realität inhomogene Strukturen aufweisen. Die Abflüsse versiegelter und unversiegelter Flächen werden hier zu einem Durchschnittswert pro Block gemittelt. Außerdem werden die Abflüsse der Straßen den angrenzenden Blöcken zugeschlagen. Für den Brandenburger Teil des Einzugsgebietes wurden die Daten durch quadratkilometergroße Rasterflächen (46 Blockflächen) ergänzt.

3.3.4 Quantifizierung der wasserhaushaltlichen Abflusskomponenten

Die Berechnung der wasserhaushaltlichen Abflusskomponenten erfolgt entsprechend der naturräumlichen Gliederung in zwei getrennten Teilgebieten: Hochflächenanteil und Urstromtalbereich. Für den 86,7 km² großen Einzugsgebietsanteil der Barnimhochfläche werden die Abflussdaten der Blockflächen im Stadtgebiet Berlins mit den Abflüssen der Quadratkilometerflächen im Land Brandenburg summiert. Die Abflusskomponenten im Talsandbereich (A = 43,8 km²) können ausschließlich über die einzelnen Blockflächen im Stadtgebiet ermittelt werden.

Die Zuordnung der Blockflächen zu den beiden morphologischen Einheiten wurde im Hydrogeologischen Informationssystem Wuhle (vgl. Kap. 3.6) vorgenommen. Die Berechnung erfolgt durch Multiplikation der Abflusskomponenten mit der jeweiligen Blockteilflächengröße und anschließender Addition.

Im Urstromtalbereich lassen sich folgende Abflussgrößen ermitteln:

Gesamtabfluss R:	11.210.381 m ³ /a = 11,21 Mio. m ³ /a
Oberflächenabfluss ROW:	2.300.604 m ³ /a = 2,30 Mio. m ³ /a
Versickerungsmenge RI:	8.909.777 m ³ /a = 8,91 Mio. m ³ /a

Die langjährigen mittleren Niederschläge betragen im Urstromtalbereich 582 mm/a. Diese entsprechen über die Fläche gerechnet einer Menge von ca. 25,5 Mio. m³/a. Davon stehen nur etwa 44 % als Gesamtabfluss zur Verfügung. Der Oberflächenabfluss der versiegelten Flächen im Urstromtal beträgt im Mittel nur etwa 54 mm/a, was auf den relativ geringen Anschlussgrad an die Kanalisation zurückzuführen ist. Insgesamt werden nur ca. 20 % des Gesamtabflusses abgeleitet.

Auf der Barnim-Hochfläche berechnen sich die Abflüsse zu:

Gesamtabfluss R: $20.197.161 \text{ m}^3/\text{a} = 20,20 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$

Oberflächenabfluss ROW: $3.372.635 \text{ m}^3/\text{a} = 3,37 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$

Versickerungsmenge RI: $16.824.626 \text{ m}^3/\text{a} = 16,82 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$

Auf der Barnim-Hochfläche liegt über die Hälfte des Einzugsgebietes im ländlichen Bereich. Dementsprechend war zu erwarten, dass die Verdunstungsmenge deutlich über der des urbanen Raumes liegt. Aber auch hier stehen nur ca. 40 % des Niederschlages (50,6 Mio. m^3/a) als Gesamtabfluss zur Verfügung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das städtische Einzugsgebiet auf der Barnim-Hochfläche einen höheren R-Kanalanteil aufweist als im Urstromtal (vgl. Abb. 10). Zusätzlich liegen im Urstromtalbereich mit Damm- und Wuhlheide großflächige, unbebaute Versickerungsflächen vor. Der Oberflächenabfluss entspricht etwa 17 % des Gesamtabflusses.

Für das gesamte Einzugsgebiet ergeben sich somit folgende Abflusskomponenten:

Gesamtabfluss R: $31.407.542 \text{ m}^3/\text{a} = 86,05 \text{ Tm}^3/\text{d}$

Oberflächenabfluss ROW: $5.673.139 \text{ m}^3/\text{a} = 15,54 \text{ Tm}^3/\text{d}$

Versickerungsmenge RI: $25.734.404 \text{ m}^3/\text{a} = 70,50 \text{ Tm}^3/\text{d}$

Im gesamten Einzugsgebiet fallen im langjährigen Mittel 76,1 Mio. m^3/a Niederschlag bei einem Verdunstungsanteil von ca. 59 %.

Durch Division der Abflusskomponenten mit der Einzugsgebietsgröße lässt sich somit auch die mittlere Versickerungsrate zu $R_{\text{Im,EZG}} = 197 \text{ mm/a}$ und der mittlere Gesamtabfluss zu $R_{\text{m,EZG}} = 241 \text{ mm/a}$ berechnen. Der Oberflächenabfluss beträgt für das gesamte Einzugsgebiet 18 % des Gesamtabflusses. Der Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten der Abflussbildung Berlins ($R = 270 \text{ mm/a}$; $RI = 192 \text{ mm/a}$) zeigt für das Gebiet der Wuhle eine etwas höhere Versickerungsrate bei gleichzeitig geringerem Gesamtabfluss. Der geringere Gesamtabfluss ist auf eine erhöhte Verdunstung auf den unbebauten Freiflächen im Einzugsgebiet zurückzuführen. In Abb. 24 sind die langjährigen Abflussmittelwerte des Einzugsgebietes graphisch wiedergegeben.

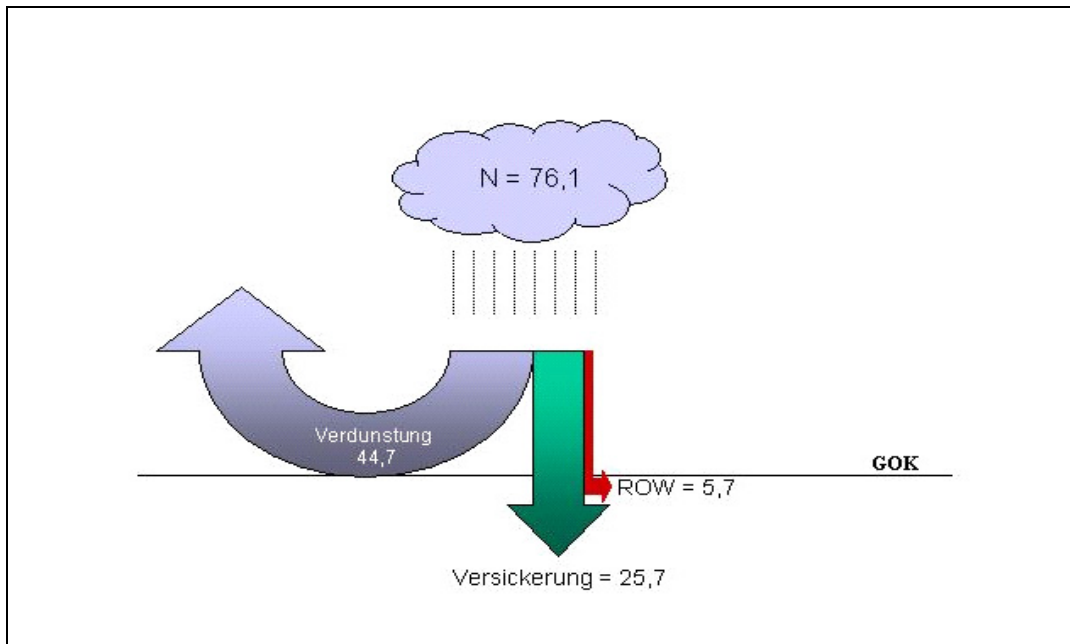


Abb. 24:
Langjährige Abflussmittelwerte des Einzugsgebietes (WW Wuhlheide) in Mio. m³/a.

3.4 Grundwasserdargebot und -bilanz

3.4.1 Methodische Grundlagen

Basierend auf der Summenbilanz wird bei der Grundwasserbilanzierung das Dargebot der bestehenden Nutzung gegenübergestellt. Die Berechnung muss hierbei für ein bilanzierbares Gebiet und für einen zu bilanzierenden Zeitraum durchgeführt werden. Als Grundlage für die Bilanzierung muss eine hydrologische Bestandsaufnahme der regionalen Wasserhaushaltsgrößen erfolgen. Im Einzelnen werden in Anlehnung an die Technischen Güte- und Lieferbedingungen TGL 23 989 (DDR Standards) folgende Bilanzgrößen definiert und in Abb. 25 in ihren Wirkungszusammenhang gebracht:

- **Sich erneuerndes Grundwasserdargebot (seGWD):**
Das *sich erneuernde Grundwasserdargebot* ist die Menge an Grundwasser innerhalb eines zu bilanzierenden unterirdischen Einzugsgebietes, welche sich auf natürliche Weise unter Berücksichtigung der Grundwasserzehrung durch Niederschläge Neubildet.
- **Zusätzliches Grundwasserdargebot (zGWD):**
Das *zusätzliche Grundwasserdargebot* entsteht durch künstliche Grundwasseranreicherung (GWA) oder Uferfiltration (UF) von im Bereich von Oberflächengewässern ausgebauten Fassungsanlagen.

- **Wasserhaushaltlich verfügbares Grundwasserdargebot (wfGWD):**
Das *wasserhaushaltlich verfügbare Grundwasserdargebot* setzt sich aus dem *sich erneuernden* und dem *zusätzlichen Dargebot* zusammen.
- **Grundwasservorrat (GWV):**
Der *Grundwasservorrat* ist die Menge an Grundwasser, die gegenwärtig oder in absehbarer Zukunft mit ökonomisch vertretbarem Aufwand genutzt werden kann. Hierbei muss die Grundwassermenge und -beschaffenheit sowie die Gewinnbarkeit berücksichtigt werden.

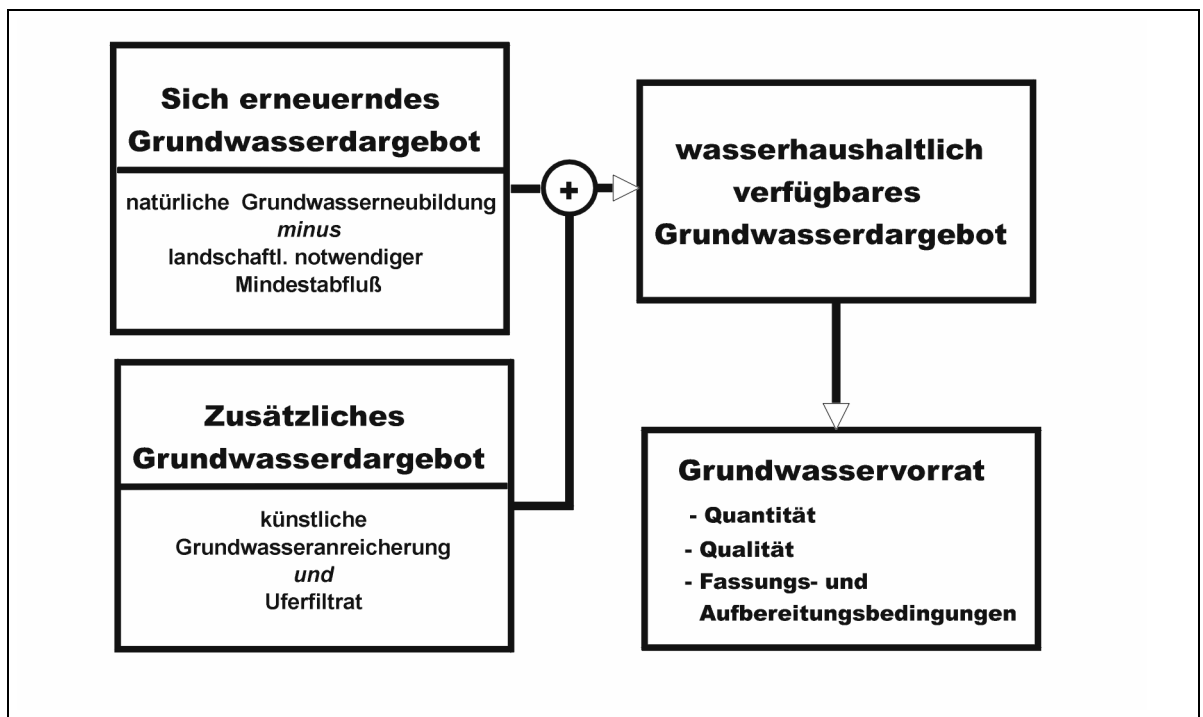


Abb. 25:
Terminologie und Definitionen bei der Grundwasservorratsermittlung.

Mit Hilfe dieser Bilanzgrößen lassen sich Indikatoren ableiten, welche die Nutzung und Verfügbarkeit der Grundwasserressource abbilden:

1. Die **Grundwassernutzungsrate** als Verhältnis der tatsächlichen Grundwasserentnahme zum wasserhaushaltlich verfügbaren Dargebotes abzüglich eventueller künstlicher Grundwasseranreicherung.
2. Das **Nutzungspotenzial des Grundwasserdargebotes** stellt das nach bestehender Nutzung noch verfügbare Grundwasserdargebot dar.
3. Der **noch nutzbare Grundwasservorrat**. Hierbei ist der Grundwasservorrat die Menge, die gegenwärtig oder in absehbarer Zukunft mit ökonomisch vertretbarem Aufwand genutzt werden kann. Hierbei muss die Menge, die Beschaffenheit und die Gewinnbarkeit des Grundwassers berücksichtigt werden.

Da diese Indikatoren von dynamischen Größen, wie Grundwasserneubildung und wasserwirtschaftlicher Nutzung, abhängen, erlauben sie sowohl die Bewertung des Ist-Zustandes als auch den sich aus veränderten Randbedingungen ergebenden Zustand.

Darüber hinaus können sie auch als Bestandteil eines Indikatorensatzes zur integrativen Bewertung mit Hilfe Multikriterieller Bewertungsverfahren genutzt werden. Die Entwicklung dieser Indikatoren erfolgte im Rahmen des von der deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsvorhabens „Nachhaltige Wasserwirtschaft – Entwicklung eines Bewertungs- und Prüfsystems“ [Steinberg et al. 2002]. Hierbei wurden für den Großraum Berlin wasserwirtschaftliche Maßnahmen oder Managementstrategien entsprechend den Nachhaltigkeitsprinzipien vergleichend bewertet. Als Entscheidungshilfesystem diente die zu den Outranking - Verfahren gehörende Hassediagrammtechnik (HDT), welche auf der mathematischen Theorie der partiell geordneten Mengen basiert. Eine lineare Ordnung wird nicht erzwungen. In den 80er Jahren wurde die HDT erstmals im Bereich der Umweltwissenschaften eingesetzt. Von Brüggemann & Halfon [1995] wurde das Verfahren zur Analyse von Entscheidungsmatrizen für die Bewertung weiterentwickelt und in der Software WHASSE bedienungsfreundlich umgesetzt. Eine umfassende Übersicht über die Funktionsweise der HDT und über den Vergleich der verschiedenen multikriteriellen Bewertungsverfahren findet sich in Simon [2003], Brüggemann et al. [2001] und Brüggemann & Drescher-Kaden [2003].

3.4.2 Grundwasserbilanz des Wasserwerkes Wuhlheide

Das Grundwasserbilanzgebiet ergibt sich aus dem durch die Fassungsanlagen des Wasserwerkes Wuhlheide erzeugten Einzugsgebiet. Das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Kaulsdorf bildet hierbei einen Teilbilanzraum, der hier aber nicht gesondert betrachtet wird.

Das sich erneuernde Grundwasserdargebot wird über die in Kap. 3.3.3 dargestellten Wasserhaushaltsuntersuchungen (BAGROV-Verfahren) ermittelt. Auch wenn teilweise die Regenwasserkanäle in stehende Gewässer einleiten oder keine Verbindung zur Vorflut haben (vgl. Kap. 2), bleibt das im besiedelten Gebiet von den versiegelten Flächen in die Regenwasserkanalisation abgeleitete Wasser bei der Berechnung des Grundwasserdargebotes unberücksichtigt. In früheren Untersuchungen [BfG, 1995] wurden auf der Hochfläche Gebiete mit überwiegend lateralem Abfluss zu den Vorflutern ausgewiesen. Dementsprechend wurde das Grundwasserdargebot für den, dem Grundmoränenkomplex unterlagernden, Hauptgrundwasserleiter um diesen lateralen Abfluss (ca. 36 % des Gesamtabflusses im Hochflächenbereich) reduziert.

In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass das in den, dem Geschiebemergel auflagernden Schlauchsandern neugebildete Grundwasser zwar der Vorflut zuströmt, aber anschließend im Übergangsbereich Hochfläche-Urstromtal teilweise versickert. Der

unbedeckte Grundwasserleiter entwässert in diesem Bereich in die Fläche und kehrt somit die effluenten in influente Grundwasserverhältnisse um. Diese Annahme wird durch die hydraulischen Untersuchungen in Kap. 3.2 an der Messstelle „Honsfelder Straße“ untermauert. Infolgedessen kann der aus dem Hochflächengebiet oberirdisch abfließende Anteil nicht quantifiziert werden. Der oberirdische Abfluss für das Gesamtgebiet wird aus der Differenz von gemessenem Abfluss an der Messstelle „Am Bahndamm“ und den Zulaufwerten der Kläranlage Falkenberg berechnet. Im Zeitraum vom Mai bis Oktober 2001 (Sommerhalbjahr) nach Neukalibrierung der Messstele, (vgl. Kap. 3.2.1) beträgt dieser im Mittel $0,182 \text{ m}^3/\text{s}$. Neuere Messungen nach Schließung des Klärwerkes bestätigen diesen Wert als quasi natürlichen Abfluss (Abb. 26), der vom potenziellen Dargebot abgezogen werden muss.

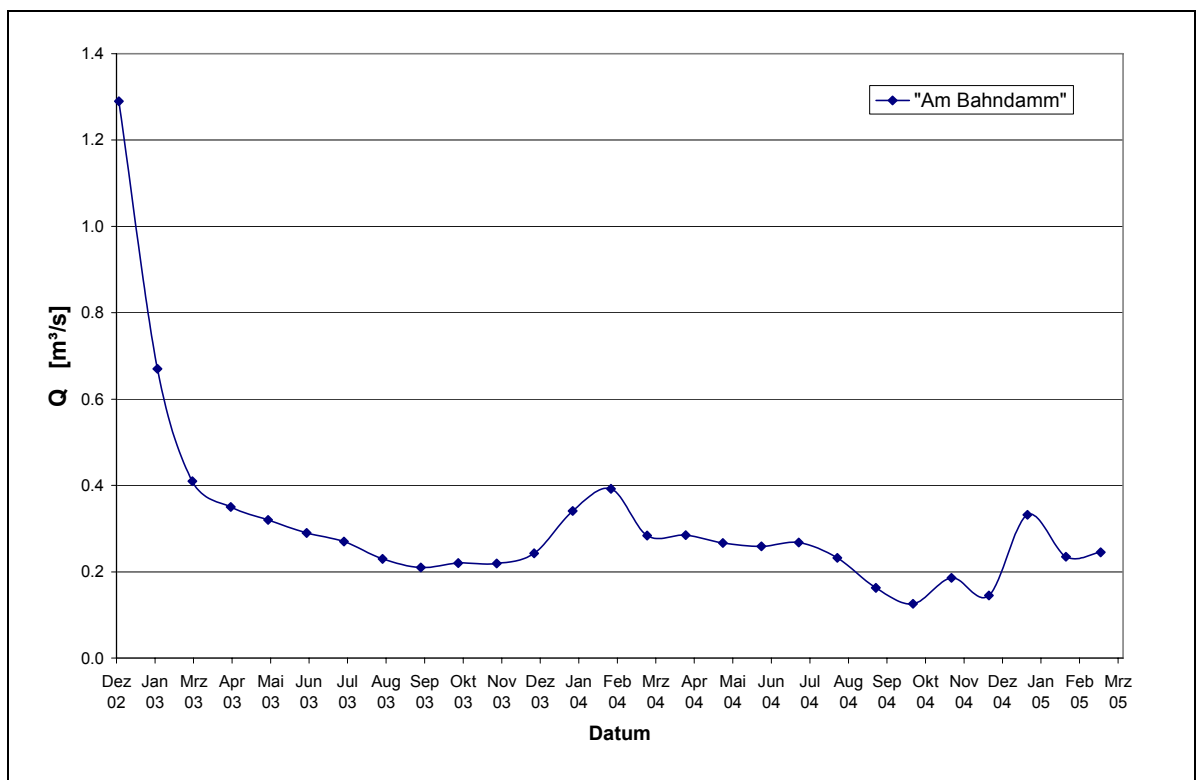


Abb. 26:

Abflussganglinie der Messstelle „Am Bahndamm“ (Dez. 2002 – Mrz. 2005) nach Einstellung der Einleitung des Klärwerkes Falkenberg.

Da es keine Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung gibt, wird das zusätzliche Grundwasserdargebot nur aus Uferfiltrat gebildet. Die Uferfiltratmenge wird hierbei wasserhaushaltlich aus der Differenz von Grundwasserentnahme (GWE) und sich erneuerndem Grundwasserdargebot ermittelt. Für die Grundwasserentnahmen werden entsprechend der Grundwassersteuerungsverordnung die Förderraten des Jahres 1992 herangezogen, da diese indirekt über die offizielle Grundwasserkarte für die Wasserwerke im Osten von Berlin festgesetzt wurden (vgl. Kap. 2.2.5.2). Der Grundwasservorrat ist das

um den akut belasteten Anteil (abQ) reduzierte wasserhaushaltlich verfügbare Grundwasserdargebot. Der akut belastete Anteil des Dargebotes kann nicht mehr zur Trinkwassergewinnung genutzt werden, da die Kontamination schon in den Förderbrunnen nachgewiesen werden konnte. Der akut belastete Anteil des Grundwasserdargebotes für das WW Wuhlheide (Heber West, Gr. 2, 3, 4) beträgt nach Angaben der Berliner Wasserbetriebe 11,7 Mio. m³/a. Für das Einzugsgebiet wurden folgende Bilanzgrößen ermittelt.

Grundwasserentnahme GWE:

Wasserwerk Kaulsdorf: 4.261.620 m³/a

Wasserwerk Wuhlheide: 16.215.260 m³/a

$$\text{GWE} = 20.476.880 \text{ m}^3/\text{a} = 56,1 \text{ Tm}^3/\text{d}$$

Sich erneuerndes Grundwasserdargebot seGWD:

Versickerungsmenge RI: 25.734.404 m³/a = 70,51 Tm³/d

Oberirdischer Abfluss Qo: 5.762.072 m³/a = 15,79 Tm³/d

$$\text{seGWD} = \text{RI} - \text{Qo} = 19.972.325 \text{ m}^3/\text{a} = 54,72 \text{ Tm}^3/\text{d}$$

Zusätzliches Grundwasserdargebot zGWD:

Uferfiltrat:: $\text{UF} = \text{GWE} - \text{seGWD} = 1.382 \text{ m}^3/\text{d}$

Grundwasseranreicherung:: $\text{GWA} = 0$

$$\text{zGWD} = 504.430 \text{ m}^3/\text{a} = 1,38 \text{ Tm}^3/\text{d}$$

Wasserhaushaltlich verfügbares Grundwasserdargebot wfGWD:

$$\begin{aligned} \text{wfGWD} &= \text{seGWD} + \text{zGWD} = 20.476.755 \text{ m}^3/\text{a} \\ &= 56,1 \text{ Tm}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Grundwasservorrat GWV:

akut belasteten Anteil: $\text{abQ} = 11,7 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$

$$\text{GWV} = \text{wfGWD} - \text{abQ} = 8.776.755 \text{ m}^3/\text{a} = 24,1 \text{ Tm}^3/\text{d}$$

Mit den ermittelten Daten lassen sich nun die in Kap. 3.4.1 definierten Indikatoren berechnen:

Grundwassernutzungsrate: Die Grundwassernutzungsrate beträgt 100%.

Nutzungspotenzial des Grundwasserdargebots: Da das gesamte wasserhaushaltlich verfügbare Dargebot genutzt wird, ist das nach bestehender Nutzung noch verfügbare Grundwasserdargebot gleich null.

Noch nutzbarer Grundwasservorrat: Da das verfügbare Dargebot komplett genutzt wird und zusätzlich ein akut belasteter Anteil ausgewiesen wurde, ist kein weiterer Grundwasservorrat nutzbar.

Wie die quantitativen Indikatoren zeigen, wird im Einzugsgebiet das gesamte Dargebot durch die Grundwasserförderung genutzt. Das sich durch Niederschläge neubildende Grundwasser wird hierbei durch das Uferfiltrat der Spree und der Wuhle zusätzlich gestützt. Da bei der wasserhaushaltlichen Betrachtung die Uferfiltratmenge rein mathematisch immer den Ergänzungsbetrag vom natürlichen Dargebot zur geförderten Menge darstellt, ist auch bei einer höheren Fördermenge keine Übernutzung des Einzugsgebiets gegeben. Den limitierenden Faktor stellen somit die hydraulischen Randbedingungen zwischen Aquifer und Vorfluter dar.

3.4.3 Genauigkeit des genutzten Berechnungsverfahrens

Die Überprüfung der ermittelten Gebietswasserhaushaltsgrößen erfolgt oft anhand des Vergleiches berechneter mittlerer Gesamtabflüsse mit gemessenen mittleren Durchflüssen am Pegel des geschlossenen Einzugsgebietes. Wie oben dargelegt, ist dies aufgrund der anthropogenen Überprägung aber auch durch die natürlichen hydrogeologischen Randbedingungen nicht möglich. Eine indirekte, hydrologische Berechnung des Ufer-filtratanteils an der Gesamtförderung durch Messung der Abflussdifferenz in der Spree am Beginn und am Ende der Filtrationsstrecke beinhaltet ebenfalls den Uferfiltratanteil des südlich der Spree gelegenen Wasserwerkes Johannisthal. Aufgrund des geringen Uferfiltratanteiles ($< 0,6\%$) an der Abflussmenge der Spree ($Q_{\min} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) scheidet dieses Verfahren generell aus (vgl. Kap. 3.3.2).

In der Vergangenheit wurden für die Wasserfassungen im Stadtgebiet Berlins und auch speziell für das Wasserwerk Wuhlheide Grundwasserdargebotsberechnungen durchgeführt [BfG, 1995; VEB Hydrogeologie, 1976; VEB Hydrogeologie, 1966]. Hierbei wurden sowohl verschiedene Förderzeiträume untersucht als auch unterschiedliche Methoden (ABIMO, EAM: Elektroanalogie Modell) angewandt.

Im Folgenden sollen die Resultate dieser Arbeit mit den früheren Ergebnissen verglichen

werden. Hierzu wird in Abb. 27 die Menge des geförderten Uferfiltrates in Abhängigkeit von der Fördermenge der Wasserwerke graphisch dargestellt und eine entsprechende Korrelation abgeleitet. Der Korrelationskoeffizient von $r^2 = 0,9883$ zeigt, dass die in Kap. 3.4.2 ermittelten Daten gut mit den in früheren Studien berechneten Ergebnissen korrelieren. Bei diesem wasserhaushaltlichen Ansatz zur Bestimmung des Uferfiltratanteiles an der Gesamtförderung ist anzumerken, dass die Uferfiltratmenge bei Erreichen des sich erneuernden Dargebots Null wird. Aufgrund der Lage der Fassungsanlagen des Wasserwerkes Wuhlheide in unmittelbarer Nähe zur Spree wird aber sicherlich auch bei geringerer Fördermenge durch das erzeugte Potenzialgefälle immer ein gewisser Anteil Uferfiltrat mit gefördert.

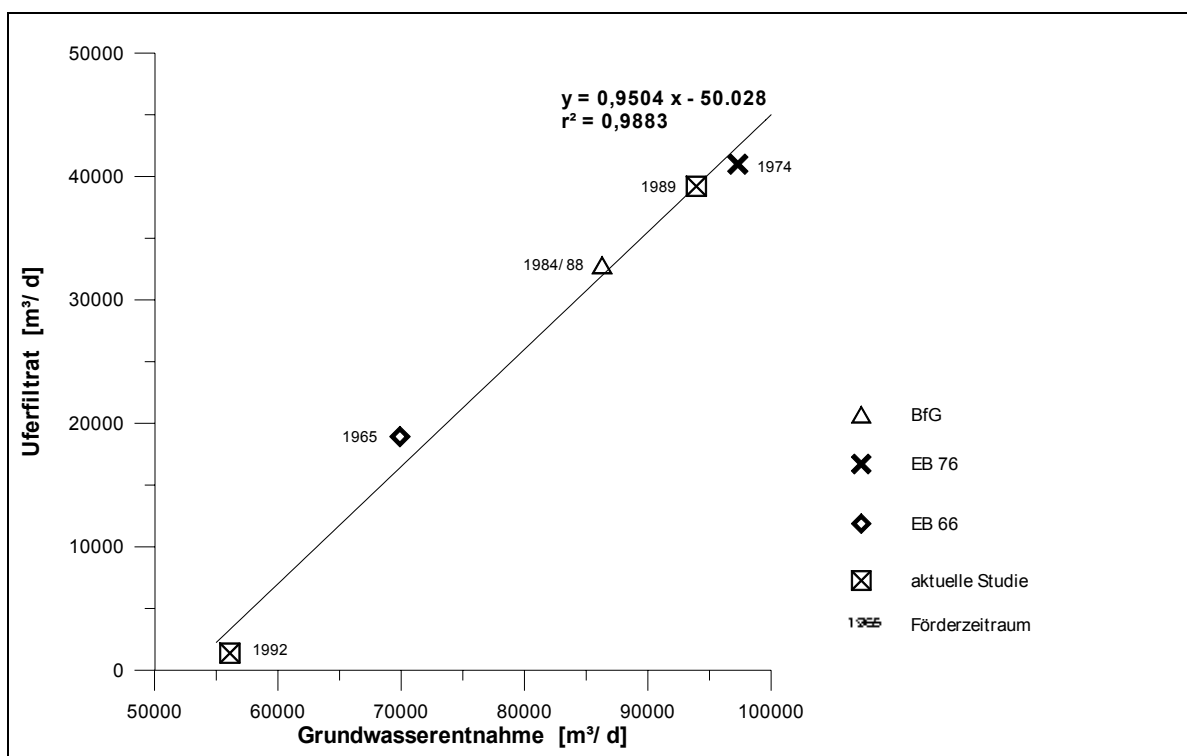


Abb. 27:
Zusammenhang zwischen Uferfiltratmenge und Grundwasserentnahme des Einzugsgebietes der Wasserwerke Wuhlheide und Kaulsdorf aus unterschiedlichen Forschungsarbeiten mit Angabe des ausgewerteten Förderzeitraumes (BfG: [BfG, 1995]; EB 66: [VEB Hydrogeologie, 1966]; EB76: [VEB Hydrogeologie, 1976]).

3.5 Numerische Modellierung

Schon seit Mitte der siebziger Jahre werden numerische Grundwassermodelle zur Berechnung der Grundwasserströmungsverhältnisse eingesetzt. Sie stellen heutzutage ein wesentliches Planungsinstrument in der wasserwirtschaftlichen Planung, insbesondere in der Projektierung und Optimierung von Trinkwassergewinnungsanlagen sowie deren Schutzzonenausweisung, dar. Etablierte Softwarepakete ermöglichen es dem Anwender relativ einfach, die vorherrschenden Grundwasserverhältnisse optimal an ein numerisches Modell anzupassen. Hierbei ist die Genauigkeit der anzupassenden hydrogeologischen Datengrundlage für die Qualität des Modells ausschlaggebend. Eine unzureichende Datengrundlage führt zwangsläufig zu keinem verwertbaren Modellergebnis. Mathematische Grundwassermodelle dienen nicht nur als Prüfwerkzeug zur Verifizierung einer hydrogeologischen Modellvorstellung, sondern sind gleichzeitig Darstellungs- und Prognosewerkzeug für komplexe Szenarien [DGG, 1999].

Die interdisziplinäre Betrachtungsweise der hydrogeologischen Problemstellungen im besiedelten Raum oder im Naturraum führte vielerorts zur Entwicklung von gekoppelten numerischen Modellen. Die modelltechnische Berechnung von Aquifer/Vorfluter-Systemen wird meist kommerziell als Zusatzmodul zur Kopplung bestehender Modelle angeboten, wie z. B. SITRA/FLORIS [TK Consult AG Zürich/GKW Ingenieurgesellschaft mbH Bochum) oder FEFLOW/SIWA/JABRON [Fröhlich et al., 1998]. In den Niederlanden wurden die beiden Programme DUFLOW [STOWA, 1998] und MODFLOW [McDonald & Harbaugh, 1983] zu einem sog. *Decision Support System* (DSS) [Haagsma & Johanns, 1994] gekoppelt, welches als Entscheidungshilfe bei der Wasserbewirtschaftung konzipiert wurde. An der Technischen Universität Nagaoka in Japan wurde ein *Distributed Hydrological Modeling System* (DHMS) entwickelt, welches ebenfalls die einzelnen hydrologischen Bilanzglieder durch Modellimplementierung berücksichtigt.

In dieser Arbeit wurde auf ein Gerinnemodell zur Wasserspiegel- und Abflussberechnung und dessen direkte Kopplung mit einem Grundwassermodell verzichtet, da die Wuhle nur im Urstromtalbereich in hydraulischem Kontakt mit dem Hauptgrundwasserleiter steht. Ein weiteres Problem bei der Erarbeitung bzw. Kalibrierung eines Gerinnemodells sind die vorherrschenden hydraulischen Randbedingungen (Rückstau durch Spree, waagerechte Sohle) sowie die festgestellten Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Abflussmengen.

Nach Definition des DVWG-Arbeitsblattes W 107 [DVGW, 2004] wurde ein sog. Planungsmodell erarbeitet, um die Reaktion des hydraulischen Systems auf Veränderungen zu prognostizieren. Die Bilanzgrößen des Modells wurden dabei über die in Kap. 3.3.4 bestimmten wasserhaushaltlichen Abflusskomponenten auf Plausibilität geprüft.

3.5.1 Numerisches Grundwassermodell

Die Einrichtung eines zweidimensionalen Grundwassermodells unter stationären Bedingungen für das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Wuhlheide wurde mit Hilfe des Simulationsprogramms FEFLOW[®] vorgenommen. FEFLOW erlaubt die Berechnung von Strömungs- und Stofftransportprozessen für 1D-, 2D- (ebene und rotationssymmetrische) und 3D-Geometrien. Es können stationäre und instationäre Probleme für gespannte und ungespannte Verhältnisse sowie für Medien mit variabler Sättigung (ungesättigte Probleme) berechnet werden. Das Programm umfasst folgende Prozesseigenschaften [Diersch, 2000]:

- eine vollständig grafische Benutzeroberfläche,
- einen Mesh - Editor zur grafikgestützten Eingabe aller geometrischen Bedingungen und deren Vernetzung, eingeschlossen verschiedene Tools zur Manipulation der Geometrien und der sich ergebenden Netze,
- einen Attribut – Problem - Editor zur Eingabe aller Rand-, Anfangs- und Materialbedingungen sowie zur Auswahl von Verfahrensoptionen, unterstützt durch zahlreiche grafische Tools zur Daten- und Parameterzuweisung,
- einen Layer - Konfigurator zur Erstellung und Datenvererbung von 3D - Geometrien auf der Basis prismatischer dreidimensionaler finiter Elemente,
- einen Simulator - Kern zum Ausführen und zur simultanen Auswertung von Problemberechnungen unter vielfältigen numerischen Optionen,
- einen Postprozessor zur grafischen Auswertung von Berechnungsergebnissen, eingeschlossen sind Möglichkeiten zum Reeditieren und für Fortsetzungsrechnungen von Problemen,
- eine Datenschnittstelle zum Import und Export von Primär- und Sekundärdaten (Karten- und Sachdaten), insbesondere werden GIS- und CAD-Systeme unterstützt,
- einen Interface-Manager als freie Programmierschnittstelle zur Kopplung externer Programmodule, sowie
- ein 2D- und 3D - Visualisierungssystem zur Darstellung, Auswertung und zum Export von Modelldaten und Berechnungsergebnissen.

3.5.2 Mathematisches Modell der Grundwasserströmung

Die numerische Lösung der Strömungsvorgänge im Grundwasserleiter basiert auf der Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung unter Berücksichtigung des Darcy - Ansatzes und den Dupuit - Annahmen:

- Horizontale Strömung über die gesamte Mächtigkeit
- Konstante Strömungsgeschwindigkeit über die gesamte Mächtigkeit
- Horizontale Geschwindigkeit ist dem Gefälle der freien Oberfläche proportional

Die den instationären, zweidimensionalen Fließvorgang in einem porösen Medium beschreibende, partielle Differentialgleichung hat die Form:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) + w = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

mit:

T	Transmissivität $T = k_f * M$ (M: Aquifermächtigkeit)
H	Piezometerhöhe
w	Speisungsgröße (Quellen- oder Senkenterm)
t	Zeit
$S \frac{\partial h}{\partial t}$	Speichergröße: Speicherung bzw. Abgabe von Wasser infolge von Anstieg bzw. Absenkung der Grundwasseroberfläche bzw. -druckfläche
x,y	Lagekoordinaten

Die Speisungsgröße w beinhaltet alle Wasserzugaben und Grundwasserentnahmen wie Grundwasserneubildung, Zehrung, Austauschmengen mit liegenden und hangenden Stockwerken sowie Fördermengen von Brunnen. Der Speicherkoeffizient S entspricht bei freien Strömungsverhältnissen dem speichernutzbaren Hohlraumanteil nsp. Für gespannte Verhältnisse ist S von den elastischen Eigenschaften des Wassers und des Korngerüstes abhängig. Im ungespannten Grundwasserleiter, bei dem die auftretenden Grundwasserspiegelschwankungen gegenüber der Mächtigkeit M groß sind, muss das Modell nicht nur die unbekannten Piezometerhöhen h, sondern auch die Mächtigkeiten iterativ ermitteln, da die Transmissivität T das Produkt aus gesättigter Aquifermächtigkeit M und Durchlässigkeitsbeiwert k_f darstellt.

3.5.3 Diskretisierung des Modellgebietes

Das zu untersuchende Modellgebiet wird bei Anwendung der Finite – Elemente - Methode (FEM) durch eine diskrete Anzahl von Dreieckselementen in so genannte "Finite Elemente" unterteilt, die über Knoten miteinander verbunden sind. Für jedes dieser Elemente wird unter Berücksichtigung von Anfangs- oder Randbedingungen der hydraulische Sachverhalt mathematisch formuliert. Die Beschreibungen aller Elemente werden in einem Gesamtgleichungssystem zusammengefasst, das dann gelöst werden kann. Mit Hilfe der FEM lassen sich sehr gut beliebige Gebiets- und Gewässerränder nachbilden. Das Modellgebiet entspricht dem in Kap. 2.1.3 dargestellten Einzugsgebiet

der Wasserfassung Wuhlheide und beinhaltet ebenfalls das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Kaulsdorf. Das Modellgebiet wurde durch insgesamt 18.569 Finite Elemente und 9.501 Knotenpunkte diskretisiert (Abb. 28).

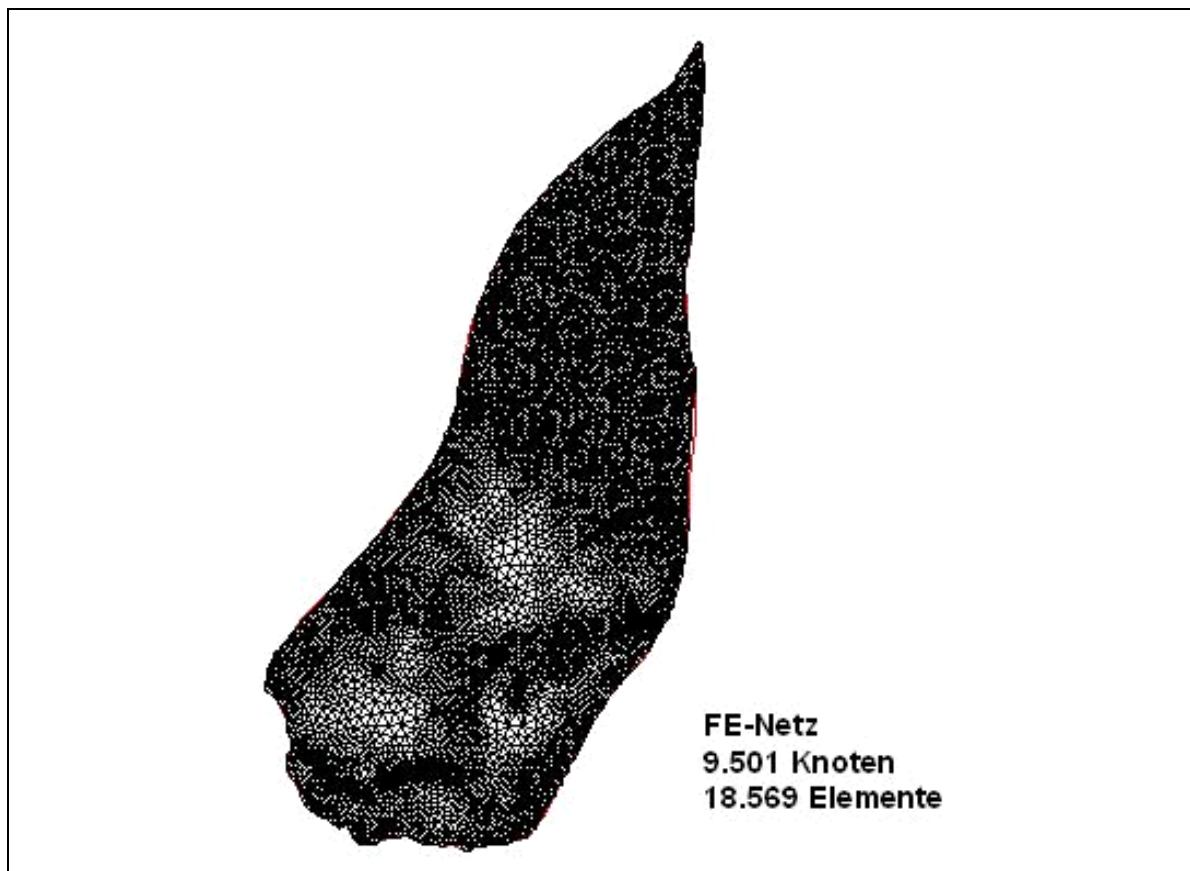


Abb. 28:
Finite-Elemente-Netz des Untersuchungsgebietes.

Die Mächtigkeit bzw. die Teufenlagen der oberen und unteren Begrenzungsschicht des modellierten Grundwasserleiters wurden mit Hilfe der Lithofazieskarten Quartär (LKQ) und den Schichtenverzeichnissen der Grundwasserdatenbank des Senates von Berlin ermittelt. Das Prinzip der LKQ besteht in der horizontweisen Darstellung der quartären Bildungen. In Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen umfasst jedes Blatt der LKQ 2 - 8 Horizontkarten einschließlich einer Karte der Quartärbasis mit generalisierter Darstellung des präquartären Untergrundes. Mächtigkeit und Teufenlage der Schichten können an Bohrstäbchen und aus Basisishypsen abgelesen werden. Das Konzept und der Gebrauch der Karten wurden von Cepek [1999] ausführlich erläutert.

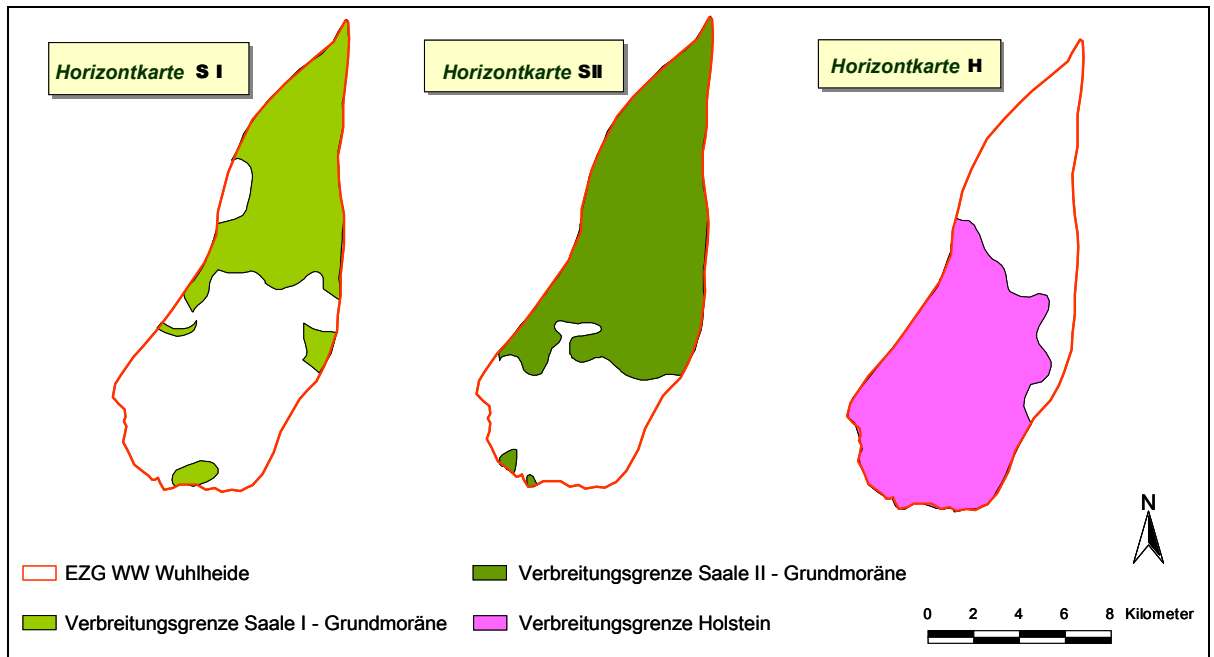


Abb. 29:
Flächenhafte Verbreitung der verschiedenen quartären Bildungen.

Zur Überführung in das Modell wurden die Verbreitungsgrenzen der den Grundwasserleiter nach oben und unten begrenzenden Schichten und die Lage der entsprechenden Bohrpunkte digitalisiert. Mit Hilfe vorhandener hydrogeologischer Profilschnitte wurde dann festgelegt, in welchen Bereichen welche quartäre Bildung den Grundwasserleiter begrenzt bzw. wo Fehlstellen vorhanden sind. Im Ergebnis konnte über die Interpolation der Punktinformationen eine obere und untere Begrenzungsschicht definiert werden. Im Bereich des Urstromtales, wo der Hauptgrundwasserleiter unbedeckt vorherrscht, wurden die Daten des digitalen Geländemodells als Modelloberkante übernommen.

Die Grundwasserneubildung wird als Quellterm im numerischen Modell umgesetzt. Hierzu werden die in Kap. 3.3.3 dargestellten Werte für die Versickerungsmenge herangezogen und die einzelnen Teilblockflächen als Polygonshape - Dateien mit den dazugehörigen, in das benötigte Eingabeformat umgerechneten, Versickerungsmengen in der Attributtabelle, importiert. In Abb. 30 wird der hohe Detaillierungsgrad der vorliegenden Information verdeutlicht. Mit Hilfe eines in FEFLOW® implementierten Werkzeuges wird diese Information für jeden Knoten abgefragt und automatisch belegt. Die für das Umland im Quadratkilometerraster vorliegenden Versickerungsmengen wurden ebenfalls digitalisiert und in das Modell überführt.

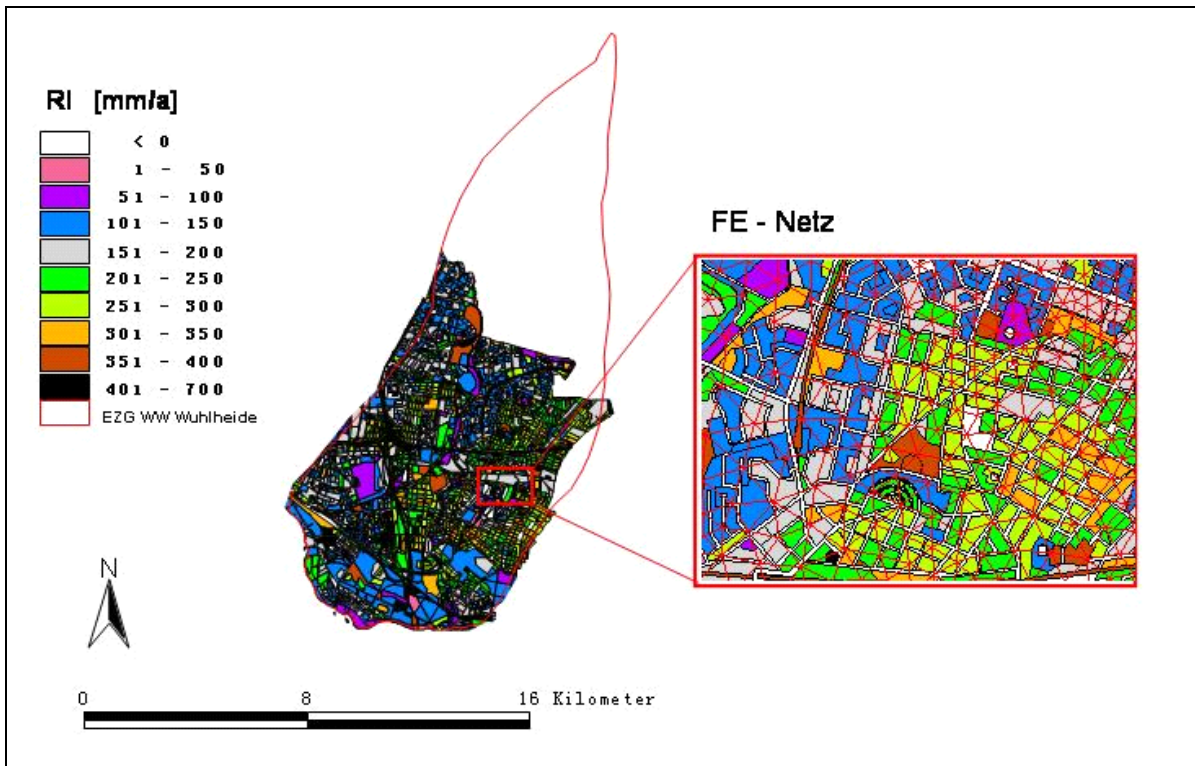


Abb. 30:
Flächenhafte Verteilung der Versickerungsmenge RI im städtischen Bereich des Wuhleinzugsgebietes mit überlagertem Finite-Elemente-Netz.

3.5.4 Einbindung der Oberflächengewässer

Die Einbindung der Oberflächengewässer in die numerische Strömungssimulation kann nur im Urstromtalbereich erfolgen, da ausschließlich dort der hydraulische Kontakt zwischen Hauptgrundwasserleiter und Vorflut gegeben ist. Für die größeren Stillgewässer Biesdorfer Baggersee und die Kaulsdorfer Seen (Butzer-, Elsen- und Habermannsee) wurden die gemessenen Wasserspiegellagen von entsprechenden Detailuntersuchungen [BGU, 2002] übernommen.

Die Wuhle wurde mit den in Kap. 3.2.1 ermittelten Wasserspiegellagen an den Messstellen „Hoppendorfer Straße“, „Wuhlesee“, „Honsfelder Straße“ und „Am Bahndamm“ in das numerische Modell als Randbedingung 1. Art integriert. Die benötigten Zwischenwerte wurden dabei linear interpoliert. Hierdurch wird verhindert, dass im Bereich von Grundwasserblänken und Vorflutern Grundwasserstände über Flur berechnet werden. Die Auswertung der Abflussmengen hat gezeigt, dass sowohl influente als auch effluente Verhältnisse an der Wuhle vorherrschen. Die Abflussmenge in der Wuhle wird durch einströmendes Grundwasser erhöht und teilweise an gleicher Stelle durch Grundwasserentnahme der Förderbrunnen verringert. Eine modelltechnische Umsetzung als Randbedingung 3. Art (Flussrate in Abhängigkeit von der Differenzialdifferenz) ist daher nur unter instationären Verhältnissen sinnvoll.

3.5.5 Modellkalibrierung

Bei der Modellkalibrierung wird ein eindeutiger Zusammenhang zwischen beobachtbaren und nicht beobachtbaren Größen unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten hergestellt. Dies geschieht durch Modifikation der hydraulischen Parameter oder der Randbedingungen innerhalb plausibler Wertebereiche, bis eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen Modellergebnissen und Beobachtungen des Grundwassersystems erreicht ist [DVWG, 2004].

Die Modellkalibrierung wurde für den Zeitraum Mai 2001 vorgenommen, da hier die Stichtagsmessung der Altbohrungen (vgl. Kap. 2.1.3) durchgeführt worden ist und somit die meisten Informationen zum Grundwasserstand vorliegen. Insgesamt wurden 183 gemessene Grundwasserstände zur Kalibrierung herangezogen (Abb. 31).

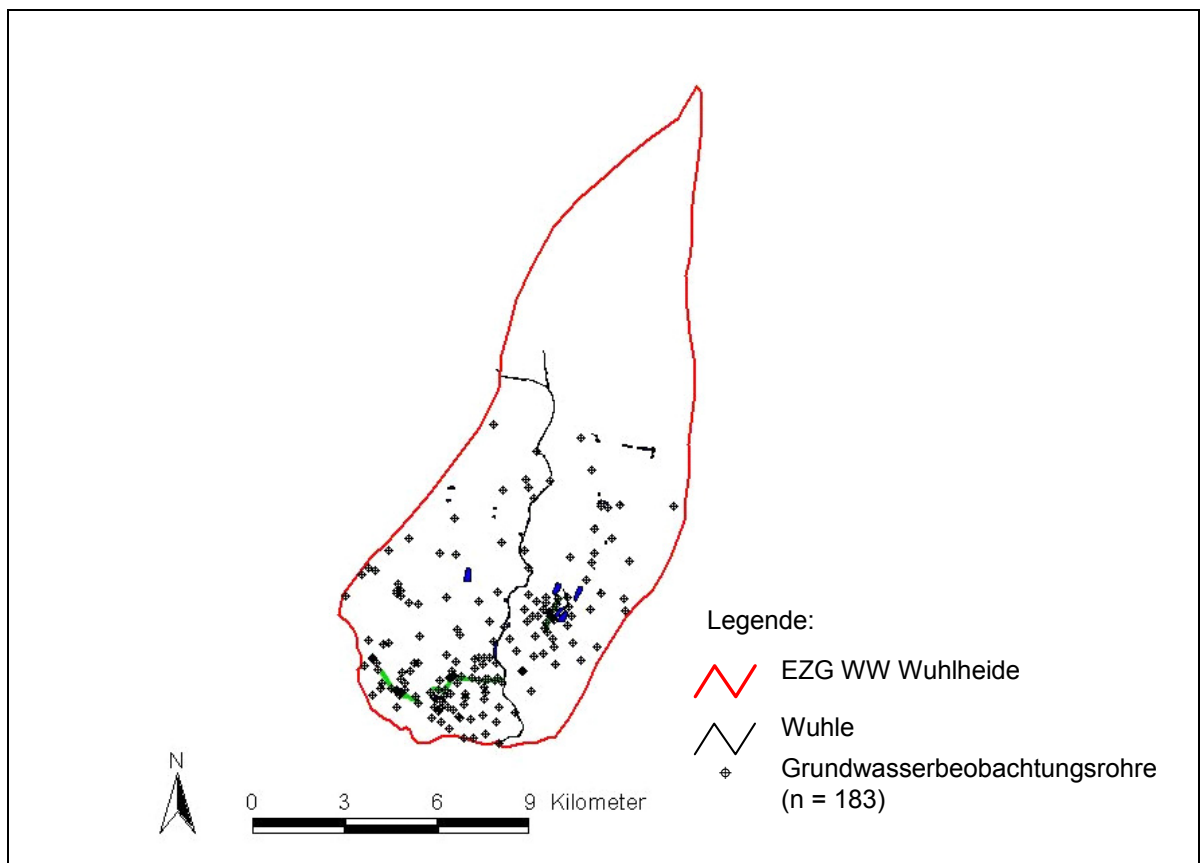


Abb. 31:
Übersicht zur Lage der gemessenen und zur Kalibrierung herangezogenen Grundwassermessstellen.

Die Förderdaten der Wasserwerke wurden aus Angaben der Berliner Wasserbetriebe unverändert übernommen. Im Mai 2001 förderte das WW Wuhlheide insgesamt 798.450 m³ Rohwasser. Dabei wurden aus der UWM-Galerie Ost 97.550 m³ und aus der Hebergalerie Ost/West 700.900 m³ gefördert. Für das WW Kaulsdorf wurden die geförderten 504.290 m³ Rohwasser angesetzt, wobei aus der Galerie Nord 290.700 m³ und aus der Galerie Süd 213.590 m³ entnommen wurden. Hierbei wurden die Entnahmen

gleichmäßig über die einzelnen Brunnengalerien verteilt, da keine Einzelbrunnennachweise zur Verfügung stehen.

Das Grundwasserströmungsmodell ließ sich verhältnismäßig einfach an den Eichzustand Mai 2001 anpassen. In Abb. 32 sind die gemessenen Pegelstände und die im Modell berechneten Wasserstände an den sog. *observation wells* gegenübergestellt. Mit Hilfe eines iterativen Kalibrierprozesses wurde die hydraulische Durchlässigkeit angepasst und so eine ausreichende Anpassungsgüte erreicht. Der hierbei ermittelte kalibrierte Durchlässigkeitsbeiwert liegt bei $k_f = 2,51 \cdot 10^{-4}$ m/s.

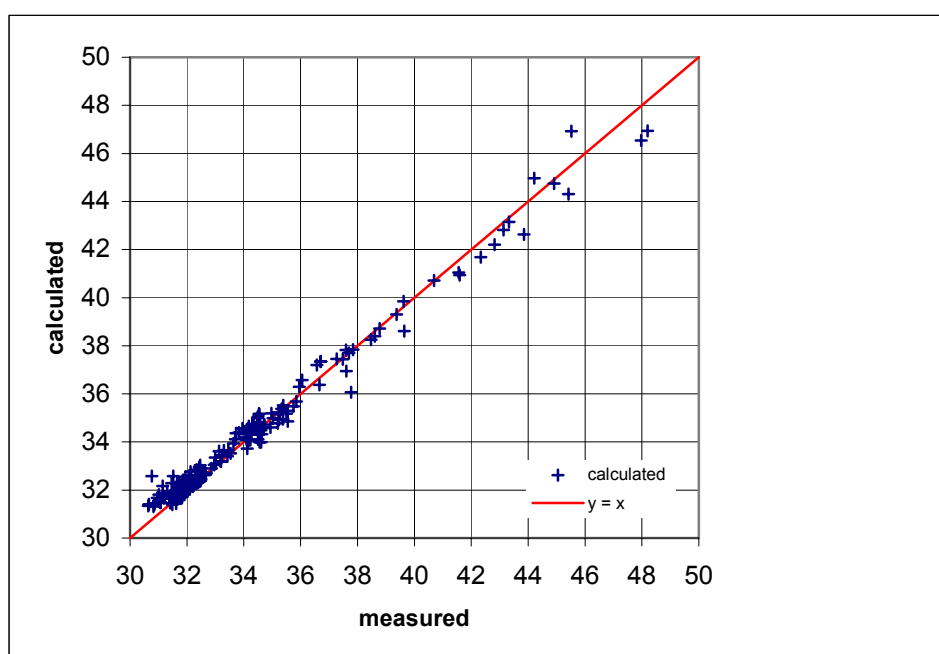


Abb. 32:
Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen Grundwasserhöhen für den Eichzustand Mai 2001 (rote Linie = Kalibrierungsziel).

Die Auswertung der stationären Modellkalibrierung erfolgte durch Analyse der Differenzen zwischen den im Modell berechneten und den gemessenen Grundwasserständen. Die mittlere Abweichung betrug hierbei - 0,11 m, d.h. die Grundwasserhöhen wurden im Modell etwas zu hoch berechnet. Die durchschnittliche absolute Abweichung vom Mittelwert wurde zu 0,31 m ermittelt.

Insgesamt weisen zehn Messstellen (ca. 5 %) eine absolute Differenz > 1 m auf, wovon vier unterhalb der Barnimhöchfläche mit großen Flurabständen verfiltert sind und weitere drei im Einflussbereich der Westfassung des Wasserwerkes Wuhlheide mit angenommener Fördermengenverteilung auf die Einzelbrunnen liegen.

In Abb. 33 ist die Häufigkeitsverteilung der Differenz zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen mit einer Klassengröße von 0,20 m in Form eines Histogramms wiedergegeben.

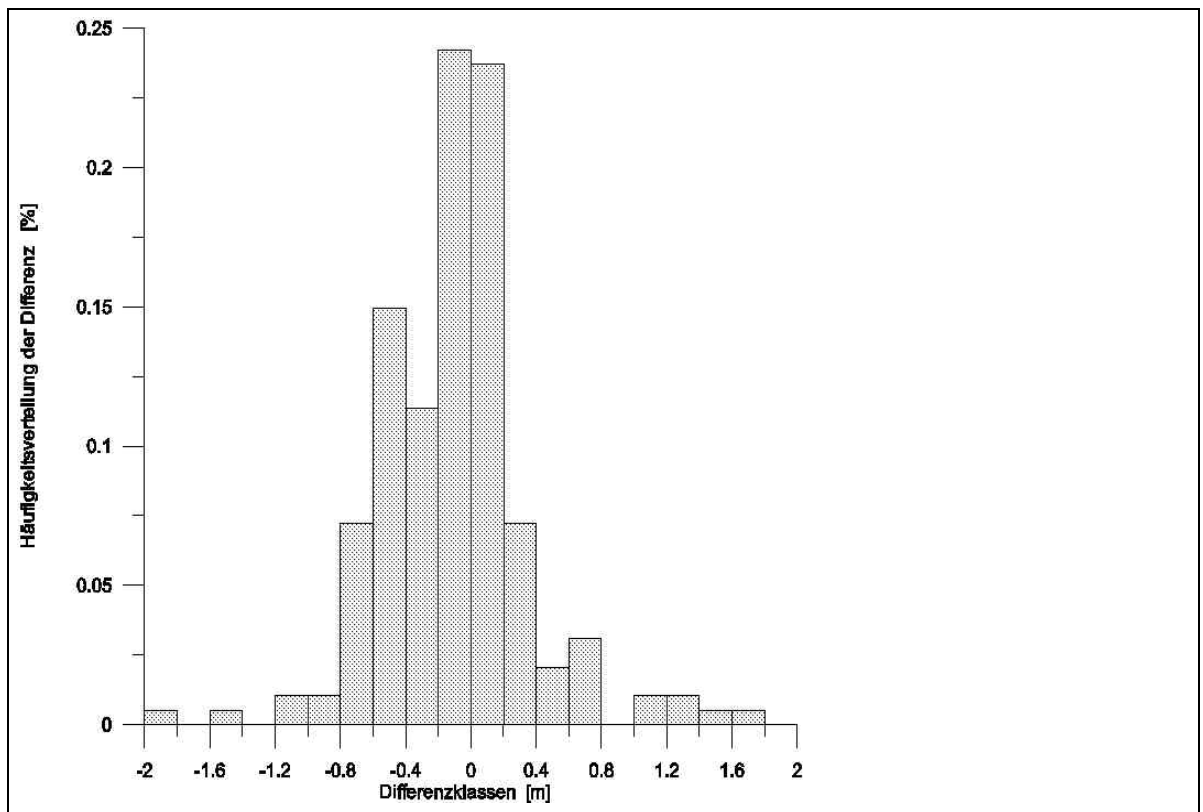


Abb. 33:
Häufigkeitsverteilung der Differenz von gemessenen und berechneten Grundwasserständen.

Im Ergebnis der numerischen Strömungsmodellierung liegen die berechneten Grundwasserstände für das Einzugsgebiet in Form von Hydroisohypsen vor, welche mit einem Potenzialabstand von einem Meter in Abb. 34 dargestellt sind.

Als Plausibilitätsprüfung für die großräumigen Grundwasserströmungsverhältnisse wurden die im Umweltatlas der Senatsverwaltung dargestellten Grundwasserhöhen des Hauptgrundwasserleiters herangezogen. Das Resultat zeigt, dass das Modell mit der wasserhaushaltlich ermittelten Grundwasserneubildung plausibel an die Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet angepasst werden konnte und somit eine gute Wiedergabetreue vorliegt. Insgesamt lässt sich die stationäre Modellkalibrierung als zufrieden stellend bewerten.

Bei der wasserhaushaltlichen Berechnung der Grundwasserneubildung wurden

langjährige Mittelwerte der Niederschlagssummen verwendet. Daher wurde eine Validierung, d.h. eine Überprüfung der ermittelten Modellparameter anhand der Berechnung eines weiteren Zustandes ohne erneute Anpassung, nicht durchgeführt.

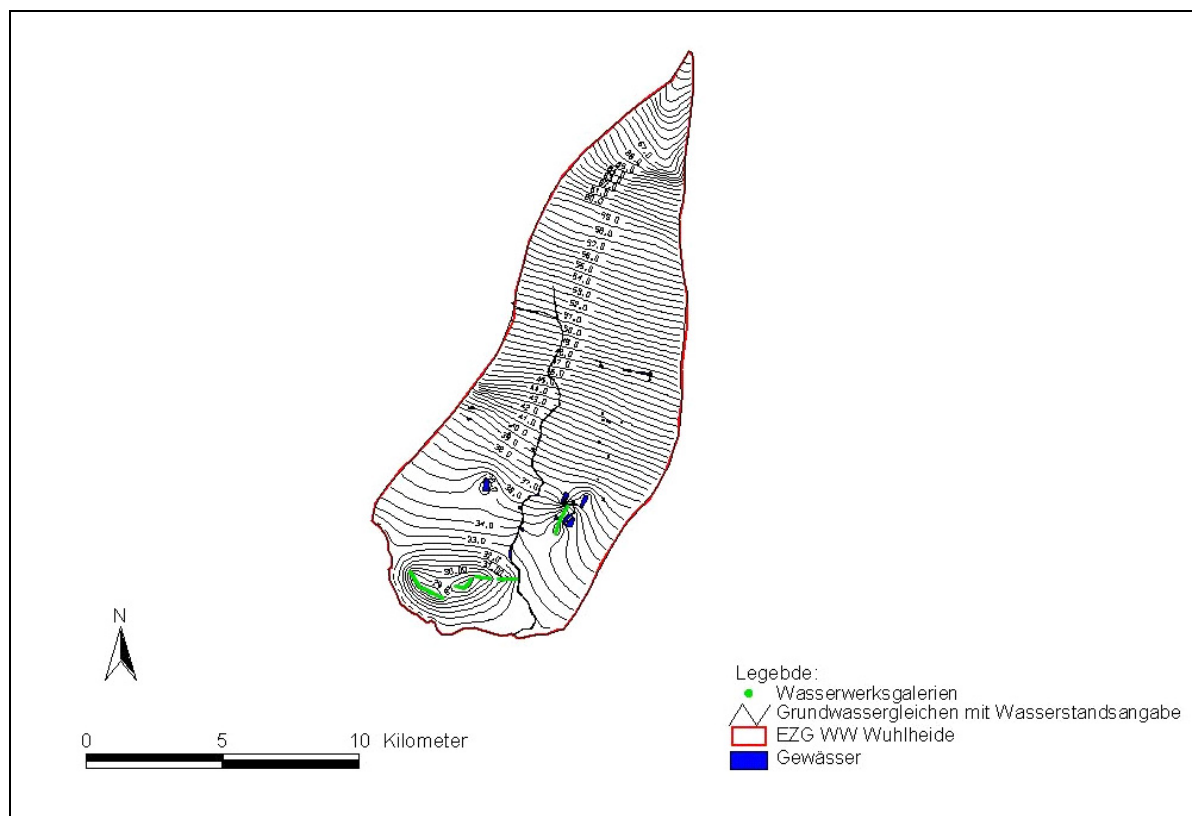


Abb. 34:
Berechnete Grundwassergleichenkarte des Einzugsgebietes WW Wuhlheide für den Eichzustand Mai 2001 mit einem Potenzialabstand von 1 m.

Das Grundwassermodell stellt ein wichtiges Planungsinstrument dar, um die Grundwasserströmung und gegebenenfalls den Schadstofftransport sowie Auswirkungen von Entscheidungsalternativen zu simulieren. Das Modell erfordert die Bereitstellung mehrerer örtlich veränderlicher Aquiferparameter für das Untersuchungsgebiet, welches in diesem Fall durch ein Finite-Elementenetz diskretisiert wurde. Die Funktionalität eines leistungsfähigen GIS kann die Effizienz eines Grundwassermodells auf mehreren Ebenen unterstützen. Über die Kopplung eine GIS und eines numerischen Grundwassermodells kann ein Decision Support System (DSS) für die Wasserwirtschaft erzeugt werden. Grundlegende Voraussetzung für das DSS ist eine umfangreiche Datenbasis, die das natürliche System als abstraktes Modell repräsentiert.

3.6 Hydrogeologisches Informationssystem (HYGIS) Wuhle

Für das Einzugsgebiet der Wuhle wurde ein solches, auf dem Programm ArcView® [ESRI, 1996] basierendes, Informationssystem erarbeitet. Die Georeferenzierung der einzelnen Informationen basiert auf dem GAUß-KRÜGER-Koordinatennetz, System 40/83, bezogen auf das Bessel-Ellipsoid. Das Gauß-Krüger System teilt die Fläche der Bundesrepublik Deutschland in Meridianstreifen ein, welche um die Zentralmeridiane 6°, 9°, 12° und 15° eine Ausdehnung von jeweils 1,5° (ca. 100 km) besitzen (Abb. 35). Im Randbereich, wo sich die einzelnen Meridianstreifen überlappen, müssen die Gauß-Krüger Koordinaten, deren Fehler sich mit zunehmendem Abstand vom Zentralmeridian vergrößert, abgestimmt werden. Das Bezugssystem 40/83 ist durch Transformation des Staatlich trigonometrischen Netzes auf das Rauenberg Datum entstanden.

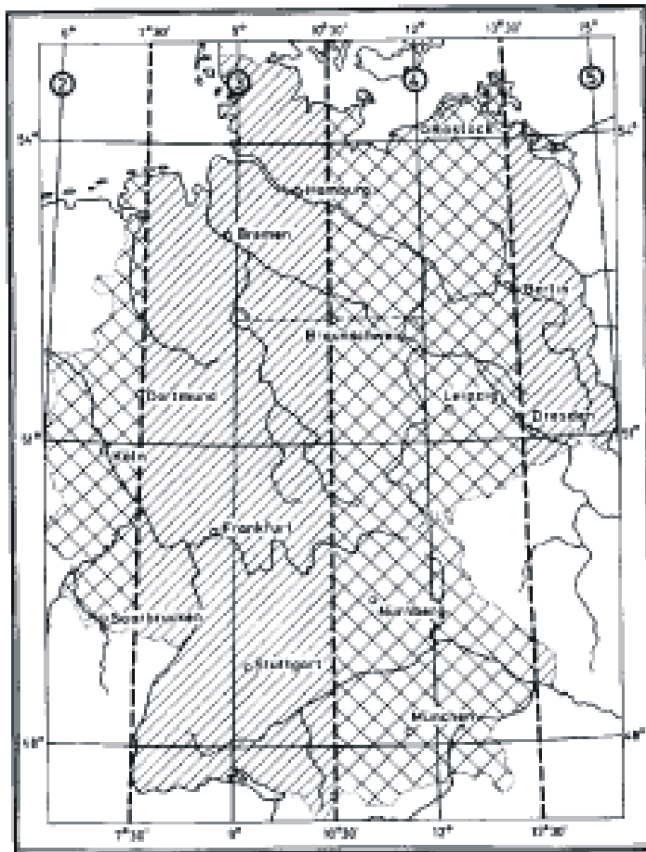


Abb. 35:
Lage der Meridianstreifensysteme nach Gauß-Krüger in Deutschland.

Der Gittersprung zwischen dem vierten und fünften Meridianstreifen verläuft etwa auf der Linie Lindenberg - Wartenberg - Friedrichsfelde -. Oberschöneweide - Adlershof - Altglienicke durch das Untersuchungsgebiet. Daher mussten die im westlichen Gradstreifen (12° - Mittelmeridian) verorteten Altbohrungen für den östlichen Gradstreifen auf dem entsprechenden Kartenblatt graphisch ermittelt werden.

Das Gauß-Krüger - System wurde gewählt, da es rechtwinklige Koordinaten besitzt und somit günstig für geodätisch - mathematische Transformationen ist. Zudem sind diese Koordinaten Grundlage für die topographische Karte - Ausgabe für die Volkswirtschaft (AV) - und wurden ebenso für die alten Messtischblätter 1 : 25 000 verwendet.

Das Digitale Geländemodell 1 : 25.000 (DGM 25) wurde von der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg bereitgestellt und ist Teil der Produktgruppe ATKIS® (Amtliches Topographisch – Kartographisches Informationssystem). Die Gitterweite beträgt 25 m. Die Höhenangaben sind auf den Amsterdamer Pegel (Höhennull: NN) bezogen und besitzen eine Höhengenaugkeit von +/- 2 m.

Das DGM25 wurde für das weitere Untersuchungsgebiet in den entsprechenden Lagestatus umgerechnet und wird als farbcodierte Höhendarstellung bzw. schattiertes Relief in Abb. 36 wiedergegeben. Über diese Darstellungsweise des digitalen Geländemodelles wird schon sehr gut die naturräumliche Gliederung des Gebietes (Hochfläche – Urstromtal) verdeutlicht.

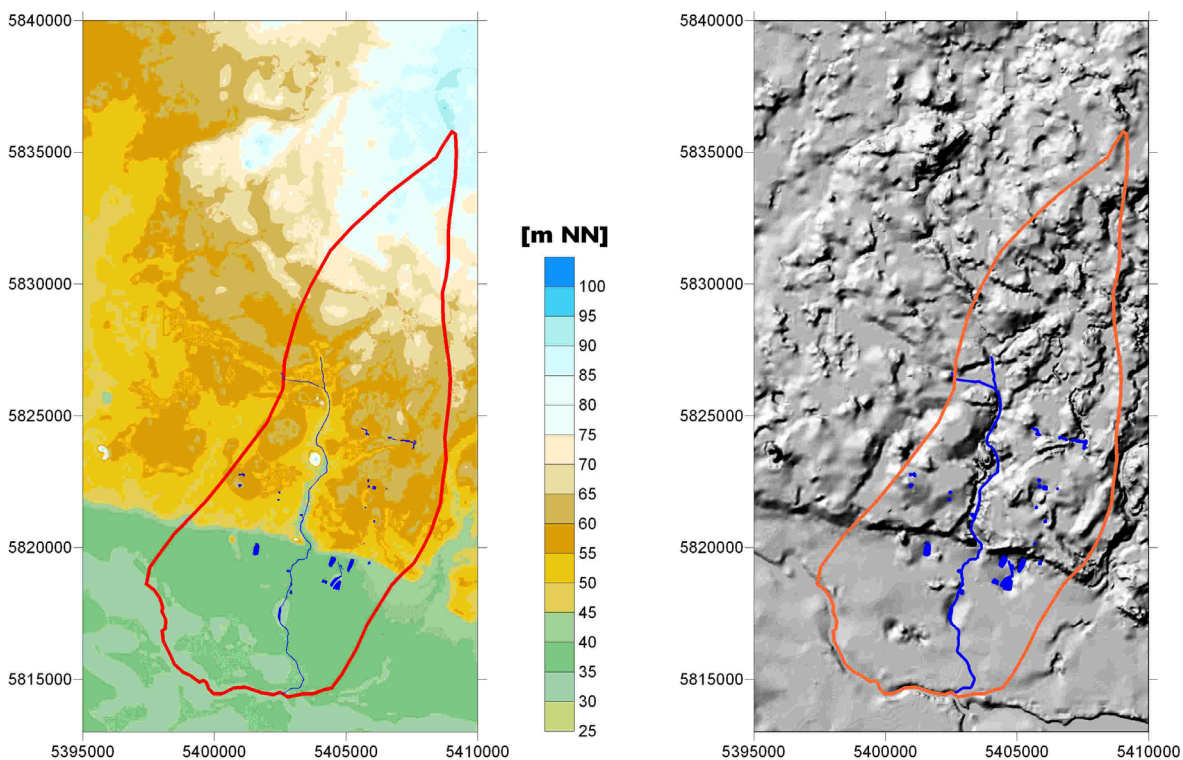


Abb. 36:
Farbcodierte Höhendarstellung und Morphologie (Shaded Relief) des weiteren Untersuchungsgebietes.

Dieses Hydrogeologische Informationssystem (HYGIS) Wuhle fasst nicht nur die für die numerische Modellierung relevanten Daten wie Einzugsgebietsgrenzen, Verlauf der Fließ- und Stillgewässer, Digitales Geländemodell (DGM), Verbreitung der Grundwasserstauer

oder der Grundwasserneubildung zusammen, sondern ermöglicht ebenfalls die Darstellung von siedlungswasserwirtschaftlichen Informationen (vorhandene Entwässerungsstrukturen, Einleitstellen der Regenwasserkanalisation usw.). Die Ergebnisse der Strömungsmodellierung können dann wiederum dem HYGIS zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt werden. Auf diese Weise lassen sich relativ einfach Grundwasserflurabstandskarten oder eventuelle Vernässungsflächen ausweisen. Auf dieser Basis kann die Lage der Regenwasserkanäle oder die Auswertung zur Lage von Gebäudevernässungen mit den modellierten Grundwasserständen in Beziehung gesetzt und analysiert werden.

Eine konkrete Anwendung des HYGIS Wuhle wurde in Kap. 2.2.5.1 bei der Identifizierung und Bewertung der Vernässungsproblematik vorgenommen. Abb. 11 stellt hierbei einen Teilausschnitt des Gesamtsystems der digitalisierten Daten dar.

Das Hydrogeologische Informationssystem Wuhle bietet - als ein offenes System - die Möglichkeit, neu erhobene Daten oder veränderte Randbedingungen aufzunehmen und darzustellen. Dies ist in einem dicht besiedelten bzw. bewirtschafteten und somit starken Veränderungen unterworfenen System von großem Vorteil.

Im Ergebnis ist ein sehr nützliches hydrogeologisches Informationssystem entstanden, welches durch die zusammenführende Darstellung der relevanten Gebietsdaten zur Lösung wasserwirtschaftlicher Aufgabenstellungen herangezogen werden kann.

4 Diskussion der Ergebnisse

Konservative Ansätze bei der Erfassung des Wasserhaushaltes eines urbanen, anthropogen überprägten, Einzugsgebietes führen meist nur zu unbefriedigenden Ergebnissen. N-A-Modelle bilden zwar das Abflussregime im Vorfluter ab, hydrogeologisch bedingte Abflussverluste finden aber keine Berücksichtigung. Bei flächenbezogenen, auf den Bodenkennwerten basierenden Verfahren zur Bestimmung der Abflusskomponenten, kann der Anteil des oberirdischen Abflusses nur abgeschätzt werden. Abflussmessungen im Vorfluter können dabei nur unter bestimmten Voraussetzungen für die Plausibilitätsprüfung dieser Verfahren dienen.

Daher wurde für das Einzugsgebiet der Wuhle ein integrativer, die wasserhaushaltlichen Größen beeinflussenden Faktoren berücksichtigender, Ansatz entwickelt. Integrativ bedeutet hierbei eine umfassende Betrachtung unter den Teilaspekten Hydrologie, Geologie und Siedlungswasserwirtschaft. Die Zusammenführung der Ergebnisse erfolgte dabei unter Verwendung eines Geographischen Informationssystems und einer numerischen Modellierung der Grundwasserströmungsverhältnisse. Bei der numerischen Modellierung ist die Aussagefähigkeit des Modells von der Genauigkeit der anzupassenden hydrogeologischen Datengrundlage abhängig. Unzureichende oder fehlende Daten führen zwangsläufig zu keinem verwertbaren Modellergebnis. Unter dieser Prämisse wurde für das Gebiet der Wuhle eine detaillierte Gebietsrecherche zur Erfassung der hydrogeologischen Datengrundlage durchgeführt und in ein numerisches Modell überführt.

Zur Darstellung und prognostischen Vorhersage der Strömungsverhältnisse im Grundwasser wurde ein numerisches Modell mit Hilfe der Simulationssoftware FEFLOW® eingerichtet, welches die lokal differenzierten und von den wasserwirtschaftlichen Randbedingungen abhängigen Abflusskomponenten integriert. Über die numerische Modellierung konnte gleichzeitig eine Verifizierung der ermittelten wasserhaushaltlichen Abflussgrößen erfolgen. Eine wesentliche Eingangsgröße in der numerischen Grundwassermodellierung ist die Grundwasserneubildung. Nur wenn die Neubildungsmenge exakt berechnet wurde, kann eine wasserhaushaltliche Bilanzierung des zu untersuchenden unterirdischen Einzugsgebietes vorgenommen werden.

Als Grundlage für die numerische Modellierung und zur zusammenführenden Darstellung der gebietsbezogenen Daten wurde im Rahmen dieser Arbeit ein GIS – basiertes hydrogeologisches Informationssystem (HYGIS Wuhle) entwickelt.

Das unterirdische Abflussregime im Gebiet der Wuhle ist sehr stark durch die Grundwasserentnahmen zweier Wasserwerke (Wuhlheide und Kaulsdorf) geprägt. Das

oberirdische Einzugsgebiet der Wuhle lässt sich nicht über die vorhandene Morphologie des Geländes ermitteln, sondern wurde anhand der Lage der Regenwasserkanäle neu ausgewiesen. Dieses unterscheidet sich in Form und Größe deutlich vom unterirdischen Einzugsgebiet des Wasserwerkes Wuhlheide. Die Annahme (gemäß DIN 4049), dass der Basisabfluss am Pegel im langjährigen Mittel die langsam reagierenden Fließsysteme als grundwasserbürtige Anteile umfasst und somit der Grundwasserneubildung entspricht, kann für das Einzugsgebiet der Wuhle nicht angenommen werden.

Zur Berechnung der wasserhaushaltlichen Abflusskomponenten (Gesamtabfluss, oberirdischer Abfluss und unterirdischer Abfluss) wurde das Verfahren nach BAGROV/GLUGLA verwendet. Hierbei wurde das Einzugsgebiet entsprechend seiner naturräumlichen Gliederung in Hochflächen- und Urstromtalbereich aufgeteilt und separat betrachtet.

Da auf der Barnim-Hochfläche über die Hälfte des Einzugsgebietes im ländlichen Bereich liegt, war zu erwarten, dass die Verdunstungsmenge deutlich über der des urbanen Raumes liegt. Aber auch dort stehen nur ca. 40 % des Niederschlages als Gesamtabfluss zur Verfügung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das städtische Einzugsgebiet auf der Barnim-Hochfläche einen höheren R-Kanalanteil aufweist als das im Urstromtal. Zusätzlich liegen im Urstromtalbereich mit Damm- und Wuhlheide großflächige, unbebaute Versickerungsflächen vor. Dies macht deutlich, dass erst die Überlagerung der siedlungs-hydrologischen Randbedingungen wie Anschluss- und Versiegelungsgrad die wasserhaushaltlichen Ergebnisse plausibel machen.

Für das gesamte Einzugsgebiet wurden folgende Abflusskomponenten ermittelt: Gesamtabfluss R: 31.407.542 m³/a = 86,05 Tm³/d; Oberflächenabfluss ROW: 5.673.139 m³/a = 15,54 Tm³/d und Versickerungsmenge RI: 25.734.404 m³/a = 70,50 Tm³/d. Im gesamten Einzugsgebiet fallen im langjährigen Mittel 76,1 Mio. m³/a Niederschlag bei einem Verdunstungsanteil von ca. 59 %. Die mittlere Versickerungsrate wurde zu $RI_{m,EZG} = 197 \text{ mm/a}$ und der mittlere Gesamtabfluss zu $R_{m,EZG} = 241 \text{ mm/a}$ berechnet. Der Oberflächenabfluss beträgt für das gesamte Einzugsgebiet 18 % des Gesamtabflusses. Der Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten der Abflussbildung Berlins ($R = 270 \text{ mm/a}$; $RI = 192 \text{ mm/a}$) zeigt eine etwas höhere Versickerungsrate bei gleichzeitig geringerem Gesamtabfluss. Der geringere Gesamtabfluss ist auf eine erhöhte Verdunstung auf den unbebauten Freiflächen im Einzugsgebiet zurückzuführen.

Mit dem wasserhaushaltlich ermittelten Grundwasserdargebot aus Niederschlägen wurde unter Berücksichtigung des geförderten Rohwassers und der gemessenen oberirdischen Abflüsse eine Grundwasserbilanz durchgeführt. Der innerhalb des GLUGLA/BAGROV-Verfahrens bestimmte oberirdische Abfluss in die Regenwasserkanalisation blieb dabei

unberücksichtigt, da in einigen Gebieten eine Anbindung an die Vorflut entweder fehlt oder das Regenwasser in stehende Gewässer eingeleitet wird. Als die das Gebiet oberirdisch abfließende Wassermenge wurde der gemessene Abfluss am Unterlauf der Wuhle (Messstelle „Am Bahndamm“) herangezogen und um die Einleitmenge des Klärwerkes Falkenberg reduziert. Der so ermittelte Basisabfluss stimmt sehr gut mit dem nach Stilllegung des Klärwerkes am Pegel gemessenen Abflüssen überein.

Aus der wasserhaushaltlichen Analyse und Bilanz des Einzugsgebietes wurden zusätzlich Indikatoren (*Grundwassernutzungsrate, Nutzungspotenzial des Grundwasserdargebotes und noch nutzbarer Grundwasservorrat*) abgeleitet, welche insbesondere bei der Verwendung innerhalb multikriterieller Verfahren die Bewertung von wasserwirtschaftlichen Managementstrategien hinsichtlich des quantitativen Zustandes der Grundwasserressource erlauben. Für die Grundwasserentnahmen wurden die Förderraten des Jahres 1992 herangezogen, da diese indirekt über die offizielle Grundwasserkarte der Grundwassersteuerungsverordnung für die Wasserwerke im Osten Berlins festgesetzt wurden. Die quantitativen Indikatoren zeigen, dass das gesamte Dargebot durch die Wasserwerksförderungen genutzt wurde. Dieses Dargebot wird durch Uferfiltrat der Spree und der Wuhle zusätzlich gestützt. Da bei der wasserhaushaltlichen Betrachtung die Uferfiltratmenge rein mathematisch immer den Ergänzungsbetrag vom natürlichen Dargebot zur geförderten Menge darstellt, ist auch bei einer höheren Fördermenge keine Übernutzung des Einzugsgebiets gegeben. Den limitierenden Faktor stellen somit die hydraulischen Randbedingungen zwischen Aquifer und Vorfluter dar. Bei diesem wasserhaushaltlichen Ansatz zur Bestimmung des Uferfiltratanteiles an der Gesamtförderung ist anzumerken, dass die Uferfiltratmenge Null wird, wenn die Fördermenge das sich erneuernde Dargebot erreicht. Aufgrund der Lage der Fassungsanlagen des Wasserwerkes Wuhlheide in unmittelbarer Nähe zur Spree wird aber sicherlich auch bei geringerer Fördermenge durch das erzeugte Potenzialgefälle immer ein gewisser Anteil Uferfiltrat mit gefördert.

Die Interaktionsbeziehungen zwischen Aquifer und Fließgewässer wurden auf der Grundlage von detaillierten hydrologischen und hydrogeologischen Untersuchungen erkundet. Wie die Ergebnisse der hydraulischen Auswertung an der Wuhle zeigen, ist das Vorherrschen von influenten oder effluenten Bedingungen entlang der Fließstrecke nicht nur von den hydrogeologischen Gegebenheiten abhängig. Neben den Abflussverlusten durch den Übergang der Wuhle vom Hochflächenbereich in den Niederungsbereich der Spree ist die Abflussmenge in der Wuhle und die damit verbundene Wasserspiegellage ebenso bedeutend.

Mit dem integrativen Ansatz bei der wasserhaushaltlichen Analyse ist es gelungen, die

verschiedenen Einflussgrößen auf das Gesamtsystem Wuhle-Einzugsgebiet zu erfassen und deren Ursachen zu verstehen. Die verschiedenen Abflussgrößen des Untersuchungsgebietes konnten ermittelt und in ihren hydrogeologischen Wirkungszusammenhang gestellt werden.

Im Ergebnis der integrativen Betrachtungsweise lassen sich die folgenden Erkenntnisse über das Einzugsgebiet gewinnen bzw. Randbedingungen hinsichtlich der Quantifizierung des Wasserhaushaltes des Untersuchungsgebietes identifizieren und gegebenenfalls Lösungsvorschläge unterbreiten:

- Die Gewässergeomorphologie des gesamten Wuhlelaufs wurde zur Ableitung von gereinigtem Abwasser stark anthropogen überprägt. Es wurden sowohl Profiländerungen als auch Laufverlegungen vorgenommen. Die Ausbauprofile der „Neuen Wuhle“ (Klärwerksableiter) und der „Wuhle“ sind tief in den Geschiebemergel eingeschnitten und die Sohlhöhe ist an die Einmündungen der R-Kanäle gebunden. Dies macht eine Anpassung des Profils (Sohlanhebung) an geringere Abflüsse schwierig. Im Unterlauf liegt die horizontale Sohle unterhalb des Spreewasserstandes.
- Aufgrund der vorhandenen Abstürze ist die Wuhle in verschiedene hydraulische Abschnitte untergliedert. Aus ökologischer Sicht könnten diese durch Sohlrampen oder -gleiten aufgelöst werden und so eine Durchgängigkeit für aquatische Lebewesen geschaffen werden.
- Von den drei Wehren am Wuhlesee ist das in der Wuhle errichtete defekt. Der Wehrverschluss wurde 1997 entfernt. Nach Schließung des Klärwerkes haben diese Wehre keine Funktion mehr. Zumindest das Wehr im Wuhlelauf könnte rückgebaut werden. Der Wuhlesee könnte als ehemalige Grundwasserblänke über die Verlängerung des Dammes wieder von der Wuhle abgetrennt werden. Das Schöpfwerk am südlichen Seeende kann den Wasserstand auf einem definierten Stauziel halten und somit Gefährdungen durch ansteigendes Grundwasser vermeiden.
- Nach Schließung des Klärwerks Falkenberg herrschen deutlich geringere Abflüsse in der Wuhle vor. Der Spree fließen nur noch etwa $\frac{1}{4}$ der früheren Abflussmenge über die Wuhle zu. Der Einfluss des geringeren Abflusses auf den Wasserstand wirkt sich entlang des Wuhlelaufs unterschiedlich aus. Am stärksten beeinflusst ist der Oberlauf der „Neuen Wuhle“ (Klärwerksableiter). Dieser ist im geringdurchlässigen Geschiebemergel ausgebaut und entwässert nur einen geringen Anteil schwebendes Grundwasser (Schichtenwasser). Größere Abflüsse sind nur nach Starkregenereignissen aus den angeschlossenen Siedlungsflächen zu erwarten. Zur Ableitung von Spitzenabflüssen und auf Grund der Lage der R-Kanäle muss die Geometrie des Ausbauprofiles größtenteils erhalten bleiben. Zur Verbesserung des Landschaftsbildes des intensiv zur Erholung genutzten Gebietes, ist eine Umgestaltung des Profils mit einer Niedrigwasserzone und Verminderung des Sohlgefälles hydraulisch sinnvoll. Eine Regenwasserbewirtschaftung durch Rückstau in verschiedenen Einstaustufen ist durch den geringen und auch belasteten Zufluss problematisch. Nach länger ausbleibenden Niederschlägen könnte es im Sommer zu einem Trockenfallen der einzelnen Biotope und der damit verbundenen Geruchsbelästigung kommen. Im Bereich, in dem „Alte Wuhle“ und „Neue Wuhle“ parallel verlaufen, verhält es sich ähnlich. Der Wasserspiegel liegt in der „Neuen Wuhle“ durch den reduzierten Abfluss deutlich niedriger. Eine dränierende Wirkung auf die „Alte Wuhle“ ist aber auf Grund des fehlenden bzw. stark gestörten hydraulischen Kontaktes nicht gegeben. Teilweise liegt das Sohlniveau der „Alten Wuhle“ unterhalb des der „Neuen Wuhle“.
- Im Abschnitt zwischen der Wuhleblase und der Mündung in die Spree ist der

Wasserstand in der Wuhle durch die eingetieftete horizontale Sohle und dem damit verbundenen Rückstau der Spree geprägt. Der reduzierte Abfluss hat hier nur einen geringen Einfluss auf den Wasserstand. Wie die Auswertung der Abflussmessungen gezeigt haben, nimmt der Abfluss zwischen den Messstellen „Wuhletal“ und „Am Bahndamm“ trotz der Verluste im Übergangsbereich ins Urstromtal zu. Dies bedeutet, dass die durch das Wasserwerk Wuhlheide erzeugte Uferfiltratmenge geringer ist, als der unterirdische Zustrom aus dem Grundwasser und die Einleitungen aus den R-Kanälen. Eine hydrologische Quantifizierung des wuhlebürtigen Anteils an dem über die Wasserbilanz ausgewiesenen Uferfiltratanteil an der Gesamtförderung ist nicht möglich.

- Das Abflussregime der Wuhle ist durch Einleitungen aus der Regenwasserkanalisation aber auch durch die geologischen Gegebenheiten (Abflussverluste beim Übergang in das Urstromtal) geprägt. Temporär wird an der Wuhleblase über eine Leitung Oberflächenwasser aus dem Habermannsee eingeleitet.
- An die neuangelegte Bodenfilteranlage mit vorgeschaltetem Regenklärbecken am Biesdorfer Baggersee ist ein 600 ha großes Einzugsgebiet nördlich des Baggersees angeschlossen. Insgesamt werden $A_u = 180$ ha Straßen-, Siedlungs- und Gewerbeflächen entwässert und somit bis zu $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ behandeltes Regenwasser in den Biesdorfer Baggersee geleitet. Über den Verbindungskanal zur Wuhleblase dient diese Maßnahme auch der Verbesserung der Wasserqualität in der Wuhle bei gleichzeitiger Erhöhung der Abflussmenge. Zusätzlich wird über die Behandlung des belasteten Regenwassers die Grundwasserqualität im Gebiet verbessert.
- Die Vernässungsprobleme im Gebiet östlich der Kaulsdorfer Baggerseen sind eindeutig von der Förderung des Wasserwerks Kaulsdorf abhängig. Dabei ist anzumerken, dass es sich hier ursprünglich um ein Gebiet mit geringen Grundwasserflurabständen handelt und oftmals eine entsprechende Bauweise der Gebäude nicht durchgeführt wurde. Verstärkt wird diese Problematik durch den Umstand, dass teilweise die Anbindung der Regenwasserkanalisation an die Vorflut nicht hergestellt wurde.
- Ober- und unterirdisches Einzugsgebiet sind nicht identisch: Das unterirdische EZG resultiert aus der Grundwassernutzung (WW Wuhlheide), das oberirdische muss anhand der Lage der R-Kanäle ausgewiesen werden. Hierdurch lässt sich der gemessene Abfluss in der Wuhle nicht zur Plausibilitätsprüfung der Grundwasserneubildung heranziehen.
- Der für die Grundwasserbilanz entscheidende Grundwasserleiter wird im Urstromtalbereich sowohl von der Wuhle als auch an der südlichen Berandung des unterirdischen Einzugsgebiets durch die Spree entwässert. Gleichzeitig fördert das Wasserwerk Wuhlheide abschnittsweise aus beiden Gewässern Uferfiltrat.

Über die zusammenführende Darstellung der Ergebnisse in einem Hydrogeologischen Informationssystem und durch die Überführung der Daten in ein numerisches Modell zur Grundwasserströmung konnte ein Instrument geschaffen werden, das gemäß den Anforderungen der EG-WRRRL eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Wasser unterstützt. Für das Einzugsgebiet der Wuhle können somit wasserwirtschaftliche Maßnahmen bzw. deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und auf betroffenen Siedlungsflächen dargestellt und analysiert werden.

5 Ausblick

Einzugsgebiet Wuhle

Den größten Eingriff in die Abflusssituation im Gebiet der Wuhle stellt die Schließung des Klärwerks Falkenberg im Februar 2003 dar. Der Wegfall von ca. 1 m³ gereinigten Abwassers pro Sekunde entsprechen 122 % der im Gebiet versickernden Regenmenge. Allerdings entspricht der Entsorgungsraum nicht der Einzugsgebietsgröße und der Wegfall bedeutet somit keinen direkten wasserhaushaltlichen Verlust.

Die Regelprofile der „Neuen Wuhle“ sind für den nun reduzierten Abfluss überdimensioniert. Um eine Anpassung an die derzeitige Abflusssituation zu erreichen, wurde von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung XE 4 eine Arbeitsgemeinschaft aus zwei wasserwirtschaftlichen Planungsbüros mit der Erstellung eines wasserwirtschaftlichen Konzeptes für einen kontrollierten Rückbau beauftragt. Um die Durchgängigkeit für aquatische Organismen zu schaffen, sollen die vorhandenen Absturzbauwerke durch raue Sohlgleiten ersetzt werden. Zusätzlich ist geplant, im Bereich der Landsberger Allee den Düker in der Alten Wuhle umzubauen. Zur Einleitung des Niedrigwassers aus der „Neuen Wuhle“ in die „Alte Wuhle“ ist der Bau eines Ableitungsbauwerks geplant. Mit den Arbeiten zur Renaturierung der Wuhle wurde im April 2006 begonnen. Das Flussbett samt Böschungen durch das Wuhletal wird zwischen dem einstigen Klärwerk Falkenberg und der Bundesstraße B 1/5 auf einer Länge von etwa zehn Kilometern ökologisch saniert und somit ein durchgängiger Biotopverbund geschaffen. Durch diese Sanierungen im Verbund mit dem Landschaftspark Wuhletal und dem Erholungspark Marzahn entsteht ein Gewässer bzw. Naturreservat im Nordosten Berlins mit hohem Erholungswert. Unter den gegebenen siedlungswasserwirtschaftlichen aber auch natürlichen wasserhaushaltlichen Gegebenheiten, ist für den Oberlauf der Wuhle ein guter Weg gefunden worden, das Gebiet an die neue Abflusssituation anzupassen.

Schwieriger gestaltet sich die Lage unterhalb der Heese-/Heerstraße (Wuhleblase). Dieser Abschnitt ist auf Grund der eingetieften Sohle rückgestaut und zur Ableitung von Regenwasserspitzen mit entsprechend großen Regelprofilen ausgebaut. Der Gewässerlauf ist teilweise dicht besiedelt und macht somit eine Verlegung in das ursprüngliche Bett oder das Anlegen künstlicher Mäander schwierig. Hinsichtlich der Strukturgüte könnte der Verlauf am Wuhlesee verändert werden. Die Wehre könnten ausgebaut und der Wuhlesee als künstlich geschaffene Grundwasserblänke über Dämme wieder aus dem Wuhlelauf isoliert werden. Hinsichtlich der Gewässerqualität sollten Wuhlesee und -blase ausgebaggert werden.

Wasserhaushaltliche Analyse und Modellierung

Die Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse bei flächendifferenzierten Wasserhaushaltsmodellen erfolgt i.d.R. nur durch die Zuordnung in grundwassernahe bzw. grundwasserferne Standorte. Berechnungsgrundlage ist immer das oberirdische Flusseinzugsgebiet. Wie die Auswertungen an der Wuhle zeigen, unterscheiden sich das oberirdische und das unterirdische Einzugsgebiet auf Grund der siedlungshydrologischen Randbedingungen in ihrer Größe enorm. Eine Plausibilitätsprüfung der unterirdischen Abflussmengen über Pegelmessungen ist folglich nicht korrekt. Allerdings minimiert sich dieser Fehler mit zunehmender Flusseinzugsgebietsgröße. Nach Artikel 3 Abs. 1 der WRRL ist bei deren Umsetzung hinsichtlich der Beschreibung der Grundwasserkörper ebenfalls von einer flussgebietsbezogenen Betrachtungsweise auszugehen. Bei der mengenmäßigen Zustandserfassung der Grundwässer wird bei unumgänglichen Abweichungen von ober- und unterirdischen Einzugsgebieten der Grundwasserkörper zur Gänze dem bestgeeignetsten Flussgebiet zugeordnet.

In der Zukunft muss speziell im urbanen Raum der Quantifizierung des unterirdischen Abflussanteils bei wasserhaushaltlichen Berechnungen größere Bedeutung zukommen. Erst bei genauer Kenntnis der Abflussverhältnisse und der sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren können wasserwirtschaftliche Eingriffe in den Grundwasserkörper oder in das Fließ- bzw. Stillgewässer wasserhaushaltlich bewertet werden.

Hinsichtlich der Nutzbarkeit und Anwenderfreundlichkeit erscheint im Vergleich zur hier verwendeten losen Kopplung die direkte und dynamische Kopplung von Wasserhaushaltsmodell und Grundwasserströmungsmodell als sinnvoll. Hierbei können den Wasserhaushalt beeinflussende Landnutzungsänderungen unmittelbar modelltechnisch umgesetzt und die entsprechenden Auswirkungen auf den Grundwasserstand ermittelt werden. Bei komplizierteren geologischen Verhältnissen sollten diese bzw. die sich daraus ergebende Grundwasserdynamik in Form eines Aquifersimulators dreidimensional nachgebildet und modelliert werden. In der Praxis sehen sich Wasserwerksbetreiber immer stärker verpflichtet, die Ressource Grundwasser umweltgerecht und gleichzeitig ökonomisch zu bewirtschaften. Daher sind die Anforderungen an die Wiedergabetreue eines Modells sehr hoch. Aquifersimulatoren müssen belastbare Ergebnisse für Prognosen in Raum und Zeit ermöglichen, wodurch eine instationäre Validierung unabdingbar ist.

6 Literatur

- Arbeitskreis Grundwasserneubildung der Fachsektion Hydrogeologie der DGG (1977): Methoden zur Bestimmung der Grundwasserneubildungsrate. Geol. Jb. C19, S.3-98
- Armbruster, V. (2002): Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg. Freiburger Schriften zur Hydrologie 17, S.141
- Bach, M. (1997): Erfassung des Kanalisierungsgrades versiegelter Flächen für ein urbanes Niederschlags-Abfluss-Modell am Beispiel Berlin, Diplomarbeit am FB Geowissenschaften der FU Berlin, Berlin.
- Bagrov, N. A. (1953): O srednem mnogoletnem isparenii susi (Über den vieljährigen Durchschnittswert der Verdunstung von der Oberfläche des Festlandes). Meeteorol. i Gidrolog. S.20-25
- Balke, K.-D., Beims, U., Heers, F. W., Hölting, B., Homrighausen, R. & Matthess, G. (Hrsg.) (2000): Grundwassererschließung – Grundlagen, Brunnenbau, Grundwasserschutz, Wasserrecht. In: Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 4, Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, S. 552-553
- Baumgartner, A. & Liebscher, H.-J. (Hrsg.) (1996): Allgemeine Hydrologie - Quantitative Hydrologie. - In: Lehrbuch der Hydrologie Bd. 1, 2. Auflage, Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart
- Becker, A. (1992): Methodische Aspekte der Regionalisierung. In: Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Regionalisierung in der Hydrologie. Mitteilung XI der Senatskommission für Wasserforschung, Deutsche Forschungsgemeinschaft. VCH Weinheim. S. 16-32
- BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde) (1995): Grundwasserdargebotsberechnungen und Grundwasserbilanzen im Raum Berlin (Ost). 2 Anl., 19 S.
- BGU (Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme) (2002): Eingriffsintensität einer temporären Wasserhaltung im Rahmen des Bauvorhabens Einkaufszentrum Berlin - Biesdorf, unveröff.
- BMI (Bundesministerium des Inneren) – Fachausschuss Wasserversorgung und Uferfiltration (1975): Uferfiltration. Bonn, 182 S.
- BMI (Bundesministerium des Inneren) (1985): Künstliche Grundwasseranreicherung. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 182 S.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1992): Schritte zu einer nachhaltig umweltgerechten Entwicklung in Deutschland: Bericht der Bundesregierung anlässlich der UN-Sondergeneralversammlung über Umwelt und Entwicklung. Drucksache. Bonn
- Bremicker, M. (2000): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM - Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. Freiburger Schriften zur Hydrologie. 11, S.119
- Brüggemann, R. & Halfon, E. (1995): Theoretical Base of the Program "Hasse". GSF-Bericht, 20/95, München – Neuherberg.
- Brüggemann, R. & Drescher-Kaden, U. (2003): Einführung in die mathematische Modellierung von Umweltchemikalien. Springer-Verlag, Berlin
- BWB (Berliner Wasserbetriebe) (1998): Kanalisierung Mahlsdorf-Süd und Kaulsdorf-Süd. 3. Auflage 12, Berlin, 15 S.
- BWB (Berliner Wasserbetriebe) (1999): Abwasserdruckleitung Biesdorf – Waßmannsdorf.
- Cepek, A. G. (1999): Die Lithofazieskarten Quartär (LKQ) - eine Erläuterung des Kartenkonzepts mit Hinweisen für den Gebrauch. Hrsg.: LGRB, Brandenburgische

- Chiang, W. - H. & Kinzelbach, W. (2001): 3D-groundwater modeling with PMWIN: A simulation system for modeling groundwater flow and pollution. Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 346 S.
- Chilton, P. J., Stuart, M. E., Escolero, O., Marks, R. J., Gonzales, A. & Milne, C. J. (1998): Groundwater recharge and pollutant transport beneath wastewater irrigation: the case of Leon, Mexico. Geological Society of London Special Publication 130, 153-168
- Demuth, S. (1993): Untersuchungen zum Niedrigwasser in West-Europa. Freiburger Schriften zur Hydrologie 1, S.205
- Diersch, H.-J. (2000): Numerische Modellierung ober- und unterirdischer Strömungs- und Transportprozesse. In: Martin, H. & Pohl, R. (Hrsg.): Technische Hydromechanik 4 – Hydraulische und numerische Modelle. Verlag Bauwesen, Berlin, S. 111-168
- Dörhöfer, G. & Josopait, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. Geologisches Jahrbuch C 27, S.45-65
- Drost, W. (1997): Erkundung der Uferfiltration mit radiohydrometrischen Einbohrlochmethoden. GSF-Bericht 3, Neuherberg, S. 99-110
- DVGW (2004): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regel: Arbeitsblatt W 107, Bonn, 24 S.
- DVWK (1995): Speicher-Durchfluss-Modelle zur Bewertung des Stoffein- und Stoffaustrags in unterschiedlichen Grundwasser-Zirkulationssystemen. Schriftenreihe des DVWK 9, 751 S.
- DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 238, Bonn, 135 S.
- Ellis, J. B. (Ed.) (1999): Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality. Proceedings of an international symposium held during IUGG 99, the XXII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 18-30 July 1999, Birmingham, 437
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) (1996): ArcView GIS - Using ArcView GIS 3.2.
- Foster, S. (1999): Groundwater impacts and issues in developing cities – An introductory review. In: Chilton, J. (Ed.): Groundwater in the Urban Environment. Selected City Profiles. Rotterdam, p. 3-16
- Fritz, B. (1998): Ermittlung von Uferfiltratanteilen an der Grundwasserförderung in Berlin anhand hydrochemischer Leitstoffe.- Vortrag in dem Symposium Hydrogeologie und Ingenieurgeologie in Ballungsräumen, Geo- Berlin '98, Geowissenschaften in Ökonomie und Ökologie – Das System Erde, 6. – 9.10.98, Berlin.
- Fritz, B., Sommer-von Jarmersted, C., Pekdeger, A. (2000): Untersuchungsprogramm zur Beeinflussung der Grundwassergüte durch infiltrierendes Oberflächenwasser.- Kolloquium Wasserbewirtschaftung - einzugsgebietsbezogen und integrativ- , 22-23 März 2000, BTU Cottbus, Cottbus.
- Fritz, B. (2004): Untersuchungen zur Uferfiltration unter verschiedenen wasserwirtschaftlichen, hydrogeologischen und hydraulischen Bedingungen. Dissertation an der Freie Universität Berlin, Fachgebiet:Geowissenschaften, Prof. Dr. Asaf Pekdeger, Band: 940, dissertation.de - Verlag im Internet GmbH, 238 S.
- Fröhlich, K., Kaden, S. & Junfeng Luo (1998): Gekoppeltes Oberflächenwasser - Grundwasser – Modell – Untersuchungen im Unteren Odertal. In: WASY Aktuell, Ausgabe 1, S. 1-2

- Gehrels, H., Peters, N. E., Hoehn, E., Jensen, K., Leibundgut, C., Griffioen, J., Webb, B. & Zaadnoordijk, W. J. (Eds.) (2001): Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics. In: Proceedings of an intern. Symposium held during the Sixth Scientific Assembly of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS), 18-27 July 2001, Maastricht, 369
- Geyh, M.A. & Struck, C. (2001): Methodisch weiterführende Überlegungen zur Ermittlung des Trockenwetterabflusses nach Kille und Folgerungen. Z. Angew. Geol. 47, 3/4, S.169-174
- Glugla, G., Enderlein, R. & Eyrich, A. (1976): Das Programm RASTER - ein effektives Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Lockergestein.. Wasserwirtschaft-Wassertechnik 26, S.377-382
- Glugla, G. & König, B. (1989): Der mikrorechnergestützte Arbeitsplatz Grundwasserdargebot. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 37, S.178-181
- Glugla, G. & Krahe, P. (1995): Abflussbildung in urbanen Gebieten. Schriftenreihe Hydrologie/Wasserwirtschaft 14, Ruhr-Universität Bochum, S.140-160.
- Glugla, G. & Fürtig, G. (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO. Band 19, Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), Berlin.
- Glugla, G., Goedecke, M., Wessolek, G. & Fürtig, G. (1999): Langjährige Abflussbildung und Wasserhaushalt im urbanen Gebiet Berlin. Wasserwirtschaft 89, S.34-42
- Glugla, G., Jankiewicz, P., Rachimow, C., Richter, K., Fürtig, G., Krahe, P., Neubert, W. & Klämt, A. (2001): Atlastafel 3.5 - Mittlere jährliche Abflusshöhe. In: BMU (Hrsg.): Hydrologischer Atlas von Deutschland.
- Grossmann, J. (1997): Vergleich der Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung für große Einzugsgebiete. gwf – Wasser / Abwasser 138 S. 296-303
- Grossmann, J. (1998): Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für große Einzugsgebiete. gwf – Wasser / Abwasser 139, S.14-23
- GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (1997): Untersuchungsergebnisse zur Erfassung und Expositionsbewertung der Auswirkungen der Uferfiltration auf Grundwässer. GSF-Bericht 3/97, 152 S.
- Haagsma, I. G. & Johanns, R. D. (1994): The interaction of ground water and surface water studied by loosely coupled models. Water Down Under 94, 25th Congress of The International Association of Hydrogeologists / International Hydrology & Water Resources Symposium of The Institution Engineers, Australia, Nov. 21-24 1994, Vol. 2 part A, Adelaide, S.93-98
- Holzbecher, E. (1996): Modellierung dynamischer Prozesse in der Hydrologie: Grundwasser und ungesättigte Zone. Eine Einführung mit Software auf CD-ROM. Springer Verlag Berlin, 334 S.
- Hydro - Consult (2000): Abschlussbericht: „Durchführung von Durchflussmessungen im Rahmen der hydrologischen Grundlagenermittlung der Wuhle“, unveröff.
- Jordan, H. & Weder, H.-J. (1988): Hydrogeologie. Deutscher Verlag für Baustoffind., Leipzig, 444 S.
- Kille, K. (1970): Das Verfahren MoMNO, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. Z. Dt. Geol. Ges., Sonderheft Hydrogeol. Hydrochem., S.89-95
- Kleeberg, H.-B. & Becker, M. (1999): ASGi - Theoretische Grundlagen. - Unveröffentlichte Modellbeschreibung. Band 1. S.203

- Kunkel, R. & Wendland, F. (1998): Der Landschaftswasserhaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe - Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen. Schriften des FZ Jülich, Reihe Umwelt / Environment 12, 107 S.
- Lehmann, C. (1989): Wuhlheide (Wasserwerk Westgalerie) – Ergebnisbericht zur 2. Erkundungsetappe. Zentrales Geologisches Institut Berlin.
- Lerner, D. (1990): Groundwater recharge in urban areas. Atmospheric environment 24B (1), Oxford, S. 29-33
- Lessmann, B. (2001): Die anthropogene Beeinflussung des grundwasserbürtigen Abflusses und die daraus folgenden Konsequenzen für die Bestimmung der mittleren Grundwasserneubildungsrate durch Abflussmessungen. Z. Angew. Geol. 47, 1, S.55-65
- Limberg, A. & Thierbach, J. (1997): Gliederung der Grundwasserleiter in Berlin. - Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 4, 2, Kleinmachnow, S. 21-26
- Limberg, A. & Thierbach, J. (2002): Hydrostratigrafie von Berlin - Korrelation mit dem Norddeutschen Gliederungsschema. - Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 9, 1/2, Kleinmachnow, S. 65-68
- LfW (1996): Die Grundwasserneubildung in Bayern - Berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen der oberirdischen Gewässer. Informationsberichte des Landesamtes für Wasserwirtschaft Bayern 5, S.65
- Manhenke, V., Reuter E., Hübschmann, M., Limberg, A., Lückstedt, M., Nommensen, B., Peters, A., Schlumm, W., Taug, R. & Voigt, H.-J. (2001): Hydrostratigrafische Gliederung des nord- und mitteldeutschen känozoischen Lockergesteinsgebietes., Z. angew. Geol., 47, 3 u. 4, Hannover, S. 146-152
- Massmann, G. (2003): Infiltration of River Water into the Groundwater – Investigation and Modelling of Hydraulic and Geochemical Processes during Bank Filtration in the Oderbruch, Germany, Zugl. Dissertation im Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin (2002), dissertation.de-Verlag im Internet, 218 S.
- Matthess, G. (Hrsg.), Balke, K.-D., Beims, U., Heers, F. W., Hölting, B. & Homrighausen, R. (2000): – Grundlagen, Brunnenbau, Grundwasserschutz, Wasserrecht. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 4 - Grundwassererschließung, Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, S. 546
- McDonald, M.G. & Harbaugh, A.W. (1988): A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. U.S. Geological Survey Books and Open - File Reports. Denver, Colorado.
- Meyer, T. & Tesmer, M. (2000): Die flächendifferenzierte Berechnung der Grundwasserneubildung mit einem GIS. Ein Vergleich im mesoskaligen Maßstab. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft 71.
- Nabrowsky, H. (2003): Der Gehrensee – Wiederbelebung eines sterbenden Gewässers. In: GRÜNBlick September 2003, S. 4-5
- Natermann, E. (1958): Der Wasserhaushalt des oberen Emsgebietes nach dem Au-Linien-Verfahren. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Nordrhein-Westfalen. 44 S.
- Nützmann, G.; Mey, S. (2007): Model-based estimation of runoff changes in a small lowland watershed of north-eastern Germany. J. Hydrol. 334, 467-476.
- Papke, R. (1982): Die Abwasserüberleitung Berlin – Eberswalde, wasserwirtschaftliche Vorleistung zur Steigerung der Hektaerträge und Maßnahmen zur Verbesserung des Umweltschutzes, Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 147
- Quantum Hydrometrie (2001): Messprogramm Wuhle – Durchführung eines

hydrologischen Messprogramms zur Erfassung von Niederschlag und Abfluss im Einzugsgebiet der Wuhle. Bericht für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, unveröff.

- Renger, M. & Wessolek, G. (1990): Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen und Nutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung.. Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen, Bundeswehr Hochschule München. 38, S.295-305
- Richter, K. Kremin, H.-J. & Hellwig, S. (2003): Hervorragende Wasserbauleistungen – Anforderungen an das Vermessungswesen damals und heute. In: Wasserwirtschaft 6/2003.
- Schrey, H. P. (1992): Simulation des Bodenwasserhaushaltes auf der Grundlage der Digitalen Bodenkarte 1 :50000 von Nordrhein-Westfalen. Hrsg.: Landesamt für Umweltschutz Baden Württemberg: LFU-Schriften. Reihe Grundwasserüberwachungsprogramm: Grundwasserneubildung aus Niederschlägen. S.117-124
- Schulla, J. (1997): Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen. Züricher Geographische Schriften 64, S.161
- Schwarze, R., Herrmann, A., Münch, A., Grünwald, U. & Schöniger, M. (1991): Rechnergestützte Analyse von Abflusskomponenten und Verweilzeiten in kleinen Einzugsgebieten. Acta hydrophys. 35, S.143-184
- SenStadt (1998):
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/kd212.doc
- Simon, U. (2003): Multikriterielle Bewertung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen aus gewässerökologischer Sicht - Beispiel Berlin. Dissertation an der HU Berlin, TENEA Verlag für Medien, Berlin, 148 S.
- Steinberg, C., Weigert, B., Möller, K. und Jekel, M. (Hrsg.) (2002): Nachhaltige Wasserwirtschaft. Entwicklung eines Bewertungs- und Prüfsystems. Initiativen zum Umweltschutz. Band 36., Erich Schmidt Verlag, Berlin, 311 S.
- Theis, H. J. (2002): Austauschvorgänge zwischen Fluss- und Grundwasser: Modelluntersuchungen im Bereich des Neuwieder Beckens. In: Wittenberg, H. & Schöniger, M. (Hrsg.): Wechselwirkungen zwischen Grundwasserleiter und Oberflächengewässern. Beiträge zum Tag der Hydrologie 20. bis 22. März 2002 in Suderburg, S. 153-158
- TU Dresden (2003): Gewässer in der Stadt – Vorträge zum Wasserbaukolloquium vom 20.-21.03.2003, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik. Dresden, 252 S.
- Turc, L. (1961): Évaluation des besoins en eau irrigation, l'évapotranspiration potentielle. Ann. Agron. 12, S.13-49
- Ubell, K. (1987): Austauschvorgänge zwischen Fluss- und Grundwasser. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 31 (4), Koblenz, S. 119-125
- UMD (Umweltvorhaben Möller & Darmer) (1997): Stilllegung Klärwerk Falkenberg – Abschätzung der Umwelterheblichkeit der Einstellung der Klärwerksableitung auf das Seelgraben - Wuhlesystem., unveröff.
- VEB Hydrogeologie (1975): Tagungsbericht 3. Kolloquium Hydrogeologie zum Thema Uferfiltration.
- VEB Hydrogeologie (1976): Hydrogeologischer Bericht – Ergebnisbericht mit Vorratseinschätzung, Berlin 1976 (WW Kaulsdorf, Friedrichsfelde, Wuhlheide, Johannisthal), Berlin, 120 S.
- Voss, C. I. & Provost, A. M. (2002): SUTRA, a model for saturated-unsaturated variable

density ground-water flow with energy or solute transport. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-4231. 250 S.

- Wessolek, G. & Facklam, M. (1997): Standorteigenschaften und Wasserhaushalt von versiegelten Flächen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 160, S. 41 – 46
- Wiese, B., Rümmler, J., Holzbecher, E. & Nützmann, G. (2004). Effects of Oscillating Pumping Regimes of Bank-Filtration. International Conference on Finite-Element Models, MODFLOW, and more. Carlsbad, Czech Republic, September 13-16, 2004.
- Wischnack, S., Hartig, C., Ziegler, D., Jekel, M, Fritz, B. & Pekdeger, A. (2000): Verhalten von Organobrom und Sulfonamiden bei der Uferfiltration. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft - Fachgruppe in der GDCh, 29-31.05.2000, Weimar.
- Wittenberg, H. (1997): Der nichtlineare Speicher als Alternative zur Beschreibung von Basisabfluss, Grundwasserspeicherung und Trockenwetterlinie. Wasserwirtschaft 87, S.570-574
- Woldstedt, P. (1935): Geologisch-morphologische Übersichtskarte des norddeutschen Vereisungsgebietes im Maßstab 1 : 1 500 000. – Herausgegeben von der Pr. Geol. L.-A., Berlin
- Wundt, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. Hrsg.: BA für Landeskunde: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. S.47-54
- Zastrutzki, T. (2003): Geologische und hydrologische Charakterisierung zweier kleiner Teileinzugsgebiete des Demnitzer Mühlenfließ. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Humboldt-Universität Berlin, unveröff.
- Ziegler, D., Wischnack, S., Hartig, C., Putschev, A., Fritz, B., Pekdeger, A. & Jekel, M. (2000): Behavior of pharmaceutical substances and DOC during bank filtration in Berlin. International Riverbank Filtration Conference, 2-4 Nov.2000, Düsseldorf, Germany.

Anhang

ANHANG A	Hydrostratigraphische Einheiten Norddeutschlands
ANHANG B	Recherche Altbohrungen
ANHANG C	Hydraulische Untersuchungen - Wasserstand „Am Bahndamm“
ANHANG D	Hydraulische Untersuchungen - Wasserstand „Wuhlesee“
ANHANG E	Hydraulische Untersuchungen - Abflüsse „Am Bahndamm“, „Wuhletal“, „KA Falkenberg“

<i>Hydrostratigraphische Einheiten</i>	<i>Durchlässigkeitsklasse</i>	<i>Lithologische Ausprägung (überwiegend)</i>	<i>Lithologische / Lithogenetische Einheit</i>	<i>Stratigraphie</i>
0	2 - 7	Abraum, Bauschutt, Müll	Künstliche Aufschüttung oder Auffüllung, Tagebau verfüllt	Holozän
H1	5 - 7	Torf, Schluff, Lehm	Hoch- und Niedermoor, Anmoor, Auenlehm, Klei	Holozän
L1	2 - 4	Sand, Kies, klüftiger Travertin	Auensande, Dünensande, Flugsande, Flussschotter (Auenterrasse, Niederterrasse), Niederungssande, Schmelzwasserablagerungen, Quellschotter, z.T. Wiesenkalk	Holozän, Pleistozän, Weichsel
H2	5 - 6	Geschiebemergel, Löss, Rutschmassen	Weichsel-Grundmoränen, periglaziäre Ablagerungen (Löss, Fließerden),	Pleistozän, Weichsel
L2	2 - 4	Sand, Kies, klüftiger Travertin	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Saale bis Vorschüttphase Weichsel, Flussschotter (jüngste Mittelterrassen), Quellschotter	Pleistozän, Saale bis Weichsel
H3	5 - 7	Geschiebemergel, Schluff, Ton	Saale- Grundmoränen, Beckenablagerungen	Pleistozän, Saale
L3	2 - 4	Sand, Kies, klüftiger Travertin	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Elster bis Vorschüttphase Saale, Flussschotter (Mittelterrasse, NRW: jüngere Mittelterrasse), Quellschotter	Pleistozän, Elster bis Saale
H4	5 - 7	Schluff, Ton, Geschiebemergel	Lauenburger Ton Elster-Grundmoränen, Beckenablagerungen	Pleistozän, Elster
L4.1	2 - 4	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen, Flussschotter (Oberterrasse, Hochterrasse, ältere und Zersatz-Grobschotter, NRW: Mittlere u. Ältere Mittelterrasse, Hauptterrassen)	Pleistozän, Alt/Unterpleistozän b. Elster
L4.2	2 - 4	Sand, Kies	Sandige Schmelzwasserablagerungen in tiefen Rinnen	Pleistozän, Elster
L4.3	2 - 4	Sand	Kaolinsande, Glimmerfeinsand des Plio- u. Ober-Miozän, Gößlow-Schichten, Sande der Rauno-Folge, Hauptkiessschichten, Sande der Inden-Schichten	Tertiär, Pliozän, Miozän
H5	5 - 7	Ton, Schluff, Braunkohle	Oberer Glimmertone, Schluffe/Tone der Pritzler-	Tertiär, Miozän

L5	3 - 4	Sand	<p>Folge, Bockup-Schichten, 1. u. 2. Lausitzer Flözhorizont, Schluffe der Rauno-Folge, Dingden-, Bislich-Schichten, Inden-Schichten (Oberflözgruppe), Flöz Garzweiler der Ville-Schichten, Flöze mit Hangend/Liegendschluffen</p> <p>Obere Braunkohlensande/marine Sande, Sande der Oxlund-Schichten, Untere Malliß-Folge, Untere Briesker Sande, Neurath-Sand der Ville-Schichten</p>	Tertiär, Miozän
H6	5 - 7	Ton, Schluff, Braunkohle, Basalt	<p>Hamburg-Ton, Schluffe der Oxlund-Schichten, Frielendorf-Sch. Flöz Ob u. Basalt, 3. Lausitzer Flözhorizont, Schluffe der Mittenwalde/ Spremberg-Schichten, Hauptflözgruppe/Flöze Morken, Frimmersdorf der Ville-Schichten, Flöze jeweils mit Hangend- u. Liegendschluffen</p>	Tertiär, Miozän
L6	3 - 4	Sand	<p>Unt. Braunkohlensande/marine Sande (Sande d. Behrendorf- u. Vierlande-Schichten), Möllin-Schichten (Quarzsandhorizont), Brooke-Schichten, Sande der Mittenwalde/Spremborg-Schichten, Frielendorf-Schichten, Liegendsand Flöz Ob, Hoerstgen-, Kakert-Schichten, Sande der Köln-Schichten (Unterflözgruppe)</p>	Tertiär, Miozän
H7	5 - 7	Ton, Schluff, Braunkohle	<p>Unterer Glimmerton, (Schluffe d. Behrendorf- u. Vierlande-Schichten), Decktonfolge, Ton1 der Köln-Schichten, Bitterfelder Deckton, Bitterfelder u. 4. Lausitzer Flözhorizont, Frielendorf-Schichten, Liegendton Flöz Oa, Flöze jeweils mit Hangend- u. Liegendschluffen</p>	Tertiär, Miozän, Oligozän
L7	3 - 4	Sand	<p>Marine Chatt-Sande (Grafenberg-Schichten), gröbere Quarzsande, Bitterfelder Glimmersande, Cottbus-Folge, Frielendorf-</p>	Tertiär, Oligozän

H8	5 - 7	Ton, Schluff, Braunkohle	<p>Liegendsande (Nordhessische Flözgruppe 1-3), Sande unter Ton1 d. Köln-Schichten</p> <p>Rupelton / Chatt-Schluffe, Sülstorf-Schichten, Lintfort-, Ratingen-Schichten, Melanienton, Calauer / Gröberser Flözhorizont, Flöz IV (Böhlen-Schichten), Flöze jeweils mit Hangend- u. Liegend Schluffen</p>	Tertiär, Oligozän
L8	3 - 4	Sand	<p>Rupelbasissand, Neuengammer Gassand, Obere Conow- Folge, Obere Schönewalde-Schichten, Domsen-, Haina- Sande, Borna-Sande (Folge C), Silberberg-Schichten, Untere Zörbig/Beckwitz-Schichten, Walsum- u. Ratheim-Schichten</p>	Tertiär, Oligozän
H9	5 - 6	Ton, Schluff, Braunkohle	<p>Tonmergelgruppe, Untere Conow-, Untere Schönewalde- u. Serno-Schichten, Thüringer Unter- u. Hauptflöz, Amsdorf-Flözgruppe, Flöze I-III</p> <p>Weißelsterbecken (Borna-Folge), Flöze Bruckdorf, Wallendorf, Löderburg, Nachterstedt, Hauptflöz von Harbke und Egel (Flöz III), Flöze jeweils mit Hangend- u. Liegend Schluffen, Großalmerode, Landen-, Gelinden-Schichten</p>	Tertiär, Eozän, Paleozän
L9	3 - 4	Sand, Kies, Kalksandstein	<p>Dragun-, Genthin-Schichten, Untere Borna-Folge A u. weitere sandige und kiesige Liegendsedimente, z.T. verfestigt, Geiseltalkies, Einsturzgebirge, Grünsande, Sande der Helmstedt- bis Schöningen-Schichten, Basissand d. Borkenflözgruppe, Antweiler-, Heers-, Hückelhoven- und Houthem-Schichten</p>	Tertiär, Eozän, Paleozän

Quelle: Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg

Recherche von Alt-Bohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle																								
Feldgrenzen, Vorabe		r min 5400 r max 5406		Feldgrenzen, IST		h min 5813 h max 5830		r min 5399 r max 5407		h min 5814 h max 5830														
Gauß-/Krüger-Koord.		Hoch		Rechts		Hoch		Rechts		End-Bohr- taufe		verf.		Hor- zont		GOK		GBR-Filterrecken [m u. GOK]		Rohrerkeranten-Werte [mNN]				
8		Hv Berlin-Stadt 66 (Autor: HAGEN)																						
HyB11/66		5818.314	5403.923			3547	152.0	T	Elster	37.2	40-43	78-81					38.56	38.55						
HyB12/66		5819.148	5404.847			3547	146.0	T	Elster	38.6	-													
HyB13/66		5821.080	5406.120			3447	150.0	T	Elster	55.0	52-54	111-119					54.93	54.87						
HyB14/66		5822.581	5405.600			3447	150.0	T	Elster	59.2	51-53	103-106	126-129				60.06	59.92	59.81					
HyB37/66		5814.338	5400.316			3547	18.0	T	Saale	30.8	4.3-5.3						33.36							
HyB42/66		5815.048	5399.576			3547	44.4	T	Holstein	34.6	8-10	20-40Br					35.48	34.47						
HyB48/66		5819.002	5405.085			3547	83.2	T	Elster	38.8	3-5	41-45	75-79				39.11	39.05	38.96					
HyB50/66		5819.540	5405.830			3447	81.5	T	Elster	44.8	3-5	42-46	73-77				45.17	45.10	44.99					
HyB51/66		5819.640	5405.080			3447	81.0	T	Elster	40.8	14-16	44-48	72-76				41.13	41.02	40.95					
HyB52/66		5820.000	5404.630			3447	99.8	T	Elster	57.4	62-66	93-97					57.70	57.59						
HyB53/66		5821.740	5404.010			3447	73.5	T	Elster	56.2	41-44	57-60	86-89				57.25	57.18	57.12					
HyB60/66		5824.420	5406.020			3447	80.0	T	Miozän	55.3	?	?					56.43							
HyB61/66		5823.360	5405.050			3447	75.0	T	Holstein	54.1	32-36	54-58					56.18	56.16	56.11					
HyB62/66		5823.450	5404.380			3447	80.0	T	Miozän	54.2	22-26	42-46	63-67				54.76	54.72	54.67					
HyB63/66		5824.100	5404.740			3447	78.0	S	Miozän	54.2	22-26	42-46	63-67				55.02	54.96	54.93					
HyB64/66		5826.700	5404.820			3447	78.0	S	Miozän	60.4	24-28	45-49	56-60				61.01	60.88	60.76					
2		Hv Berlin-Lichtenberg 81 (KNISPFL)																						
HyBLb1/80		5819.375	5399.500	5819.428	4603.208	3547	12.3	T	Saale	37.3	?	?					GBR: ?	BLU: ?						
HyBLb6/80		5819.170	5399.380	5819.229	4603.371	3547	14.0	T	Saale	37.5	?	?					?	?						
HyBLb16/81		5818.158	5401.305			3547	20.0	T	Saale	36.2	3-7	15-17					36.00	36.16						
HyBLb17/81		5817.967	5401.393			3547	20.0	T	Saale	36.1	3-7	16-18					36.91	36.96						
HyBLb18/81		5817.603	5401.412			3547	17.0	T	Saale	36.0	3-7	15-17					36.73	36.79						
HyBLb19/81		5817.666	5401.564			3547	21.0	T	Saale	38.6	7-10	17-19					39.34	39.37						
HyBLb20A/81		5817.327	5400.953			3547	20.0	T	Saale	35.5	4-8	15-17					36.13	36.25						
HyBLb21/81		5817.160	5401.595			3547	22.0	T	Saale	38.9	7-10	18-20					38.72	38.77						
HyBLb22/81		5817.132	5401.201			3547	20.0	T	Saale	35.6	3-7	16-18					35.65	35.66						
HyBLb23/81		5816.954	5401.570			3547	21.0	T	Saale	36.0	4-8	17-19					35.95	36.00						
HyBLb24/81		5816.792	5401.096			3547	20.0	T	Saale	35.7	5-8	14-16					35.59	35.63						
HyBLb25/81		5816.601	5401.664			3547	23.0	T	Saale	35.5	6-9	16-18					36.24	36.28						
3		Hv Berlin-Lichtenberg 90 (GROHNKE)																						
HyB123/89		5819.774	5401.452			3447	86.0	S	Elster	36.4	2-6	37-39	72-74				37.53	37.38	37.17					
HyB124/89		5819.194	5400.916			3547	87.0	S	Elster	38.0	4-8	36-38	74-76				38.86	38.78	38.75					
HyB131/89		5818.399	5400.514			3547	110.0	S	Miozän	36.2	3-7	33-35	89-91				37.09	37.08	36.90					
HyB134/89		5817.080	5400.028			3547	103.0	S	Miozän	35.1	3-7	29-31	82-84	95-97			36.16	36.01	35.86			35.76		
HyB136/88		5817.035	5402.112			3547	123.0	S	Miozän	36.2	3-7	34-36	80-82	115-117			37.20	37.02	37.01			36.82		
HyB138/89		5817.437	5403.189			3547	90.0	S	Elster	36.4	3-7	36-38	73-77				37.38	37.26	37.15					
HyB139/89		5818.239	5402.792			3547	100.0	S	Elster	36.3	3-7	29-31	65-67	90-92			37.17	37.07	36.85			36.82		
HyB140A/89		5819.966	5403.590			3447	87.0	S	Elster	37.3	8-12	40-42	77-79				38.18	38.07	38.01					
HyB141/89		5819.255	5404.234			3547	95.0	S	Elster	38.0	3-7	59-61	82-84				39.02	38.87	38.76					

Fortsetzung der Tabelle: Recherche von Alt-Bohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle

HyB142/89	5818.441	5404.439	3547	94.0	S	Elster	35.3 3-7	37-39	78-80	36.28	36.11	35.76
HyB149/89	5818.886	5404.895	3547	90.0	S	Elster	38.0 4-8	35-37	76-78	38.98	38.87	38.71
HyB150/89	5818.805	5405.618	3547	85.0	S	Elster	39.3 2-6	36-38	73-75	40.15	40.08	40.04
HyB151/89	5818.180	5405.167	3547	100.0	S	Elster	38.6 2-6	35-37	89-91	39.53	39.43	39.29
HyB153/89	5817.567	5405.806	3547	97.0	S	Elster	39.3 2-6	36-38	78-80	40.26	40.13	40.00
HyB155/89	5817.147	5405.321	3547	90.0	S	Elster	37.4 3-7	40-42	80-82	37.59	37.54	37.49
HyB156/89	5817.028	5404.491	3547	90.0	S	Elster	36.9 3-7	50-52	72-74	37.92	37.80	37.68
HyB157/89	5816.134	5403.687	3547	86.0	S	Elster	36.4 3-7	72-74	?	37.38	37.23	37.17
HyB160/88	5814.428	5402.638	3547	31.0	S	Elster	34.1 2-6	23-25		35.16	35.01	
HyB162/88	5815.139	5402.541	3547	100.0	S	Miozän	35.1 2-6	35-37	68-70 91-93	36.27	36.02	35.88
HyB163/88	5815.617	5402.641	3547	96.0	S	Elster	35.4 2-6	48-50	76-78	36.32	36.12	36.08
HyB165/88	5815.896	5402.169	3547	92.0	S	Elster	36.0 4-8	36-38	67-69	36.95	36.80	36.67
HyB165A/88	5815.896	5402.168	3547	71.0	S	Elster	36.0 -					
HyB166/89	5814.760	5402.224	3547	119.0	S	Miozän	35.0 2-6	38-40	96-98 111-113	36.04	35.95	35.82
HyB167/89	5814.619	5401.490	3547	54.0	S	Elster	34.6 -					
HyB167A/89	5814.620	5401.491	3547	120.0	S	Miozän	34.6 2-6	21-23	71-73 101-103	35.56	35.47	35.32
HyB169/89	5815.714	5401.505	3547	86.0	S	Elster	35.3 2-6	48-50	72-74	36.32	36.21	36.10
HyB173/88	5815.130	5400.742	3547	122.0	S	Miozän	34.8 2-6	15-17	68-70 118-120	35.77	35.62	35.58
HyB174/88	5815.500	5400.663	3547	90.0	S	Elster	34.8 2-6	13-15	78-80	35.74	35.58	35.48
HyB175/88	5815.879	5400.626	3547	88.0	S	Elster	34.5 2-6	38-40	78-80	35.34	35.20	35.10
HyB201/88	5815.431	5403.179	3547	7.0			34.3 ?			34.98		
4 Hy SAM Berlin 88 (KABOTH, Th.)												
HyB101/88	5826.462	5404.697	3447	145.0	T	BCu	57.3 43-45	104-106				
HyB102/88	5823.311	5403.315	3447	120.0	T	Elster	48.9 41-43	73-77	103-105			
HyB103/88	5821.765	5401.193	3447	252.0	SK	K2	52.0 50-54	86-90	137-141 160-164			
HyB104/88	5819.220	5399.464	3547	156.0	T	BRu4	37.4 27-29	77-79				
HyB105A/88	5820.639	5400.726	3447	234.0	SK	K2	41.5 38-40	72-76	120-124 138-142 229-232			
HyB106/88	5819.368	5402.589	3447	231.0	SK	K2	37.5 29-33	71-75	126-130 222-226			
HyB108/88	5817.346	5404.071	3547	227.0	SK	K2	37.1 36-40	60-64	74-78 148-152			
HyB109/88	5815.653	5400.091	3547	180.0	T	BRu	34.9 70-72	155-157				
5 Hy Berlin-Tiefe Grundwasserleiter 81 (GRUS)												
HyB10/80	5819.530	5404.770	3547	180.0	CF	RT	39.0 38-42	74-78	139-143	40.08	39.90	39.80
HyB11/80	5818.310	5403.950	3547	196.0	CF	RT	37.5 40-44	75-79	146-150 180-184	38.49	38.42	38.30
HyB12/80	5819.390	5404.810	3547	92.0	CF	Elster	38.6 36-40	69-73		39.33	39.13	
HyB13/81	5819.425	5404.830	3547	82.0	T	Elster	38.8 68-70	62-74		39.60	39.45	
HyB14/81	5819.430	5404.810	3547	82.0	T	Elster	38.9 68-70	62-74		39.52	39.38	
HyB15/81	5819.470	5404.810	3547	92.0	T	Elster	39.2 68-70	64-75		39.87	39.74	
HyB16/81	5816.540	5402.580	3547	170.0	CF	RT	35.8 36-40	66-70	89-93 117-121	36.92	36.80	36.65
HyB17/80	5816.010	5400.840	3547	183.0	CF	RT	35.5 38-42	76-80	150-154 164-166 ?	36.43	36.27	36.20
HyB18/81	5816.120	5400.910	3547	97.0	CF	Elster	35.7 38-42	73-77		36.54	36.37	
HyB19/81	5816.040	5400.858	3547	86.0	T	Elster	36.1 69-81			37.06		
HyB20/81	5816.065	5400.876	3547	91.0	T	Elster	35.9 74-85			36.90		
HyB21/81	5816.090	5400.894	3547	86.0	T	Elster	35.7 68-80			36.44		
HyB51/80	5824.790	5400.780	3447	189.0	CF	RT	50.5 40-44	89-93 110-114 168-172		50.95	50.94	50.73
HyBWB103/85	5829.821	5399.061	3447	63.0	S		62.9 ?			63.44		
6 Hy Berlin-Wartenberg 86 (GROHNKE)												
HyB10/80	5819.530	5404.770	3547	180.0	CF	RT	39.0 38-42	74-78	139-143	40.08	39.90	39.80
HyB11/80	5818.310	5403.950	3547	196.0	CF	RT	37.5 40-44	75-79	146-150 180-184	38.49	38.42	38.30
HyB12/80	5819.390	5404.810	3547	92.0	CF	Elster	38.6 36-40	69-73		39.33	39.13	
HyB13/81	5819.425	5404.830	3547	82.0	T	Elster	38.8 68-70	62-74		39.60	39.45	
HyB14/81	5819.430	5404.810	3547	82.0	T	Elster	38.9 68-70	62-74		39.52	39.38	
HyB15/81	5819.470	5404.810	3547	92.0	T	Elster	39.2 68-70	64-75		39.87	39.74	
HyB16/81	5816.540	5402.580	3547	170.0	CF	RT	35.8 36-40	66-70	89-93 117-121	36.92	36.80	36.65
HyB17/80	5816.010	5400.840	3547	183.0	CF	RT	35.5 38-42	76-80	150-154 164-166 ?	36.43	36.27	36.20
HyB18/81	5816.120	5400.910	3547	97.0	CF	Elster	35.7 38-42	73-77		36.54	36.37	
HyB19/81	5816.040	5400.858	3547	86.0	T	Elster	36.1 69-81			37.06		
HyB20/81	5816.065	5400.876	3547	91.0	T	Elster	35.9 74-85			36.90		
HyB21/81	5816.090	5400.894	3547	86.0	T	Elster	35.7 68-80			36.44		
HyB51/80	5824.790	5400.780	3447	189.0	CF	RT	50.5 40-44	89-93 110-114 168-172		50.95	50.94	50.73
HyBWB103/85	5829.821	5399.061	3447	63.0	S		62.9 ?			63.44		

Fortsetzung der Tabelle: Recherche von Alt-Bohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle

HyWBbr104/85	5828.966	5400.140		3447	65.0	S	Holstein	62.3 53-55	63.17
HyWBbr109/85	5828.907	5402.867		3447	59.0	S	Holstein	59.7 12-14	60.64
HyWBbr114/85	5827.757	5400.732		3447	58.0	S	Holstein	54.1 40-42	55.09
HyWBbr115/85	5826.725	5401.574		3447	59.0	S	Elster	55.4 40-42	56.34
7 Hy Berlin-Wuhleide 86. 1.Etappe (LEHMANN)									
Hy BLib136/86	5816.192	5399.652		3547	20.0		Saale	34.7 8-10	
Hy BLib137/86	5816.043	5399.797		3547	20.0		Saale	34.7 7-9	
Hy BLib138/86	5815.976	5399.761		3547	20.0		Saale	34.8 8-10	
8 Hy Hellersdorf 86 (GROHNKE)									
HyBHei101/84	5823.943	5403.872		3447	64.0	T	Holstein	46.2 28-30	47.04
HyBHei102/84	5824.080	5403.856		3447	58.0	T	Holstein	45.8 34-36	46.65
HyBHei103/84	5824.174	5403.854		3447	65.0	T	Saale	46.0 38-40	46.87
HyBHei104/84	5824.265	5403.871		3447	56.0	T	Saale	46.2 22-24	46.53
HyBHei105/84	5824.365	5403.933		3447	70.0	T	Saale	46.5 22-24	46.67
HyBHei106/84	5824.461	5403.998		3447	46.0	T	Saale	46.8 29-31	47.00
HyBHei107/84	5824.563	5404.031		3447	46.0	T	Saale	46.4 30-32	47.20
HyBHei108/85	5824.660	5404.082		3447	45.0	T	Saale	46.7 26-28	47.24
HyBHei109/85	5824.756	5404.122		3447	50.0	T	Saale	46.9 30-32	47.01
HyBHei110/85	5824.837	5404.156		3447	48.0	S	Saale	47.8 27-29	47.81
HyBHei111/85	5825.295	5404.806		3447	60.0	S	Holstein	51.7 38-40	52.54
HyBHei112/85	5823.655	5403.568		3447	60.0	S	Holstein	53.2 45-47	54.10
HyBHei113/85	5824.412	5403.966		3447	65.0	S	Saale	46.5 29-31	47.38
HyBHei114/85	5826.277	5403.414		3447	55.0	S	Holstein	54.6 7-9	55.75
HyBHei115/85	5827.922	5404.331		3447	57.0	S	Saale	60.8 43-45	61.47
HyBHei116/85	5823.947	5401.254		3447	38.0	S	Saale	49.4 31-33	50.43
HyBHei117/85	5822.701	5402.761		3447	73.0	S	Holstein	55.5 41-43	56.51
HyBHei118/85	5822.408	5403.767		3447	71.0	S	Elster	42.6 27-29	43.53
9 Hy Mehrow 85 (GROHNKE)									
HyMeBr1/78	5827.300	5406.300		3447	51.0	T		44-50Br	
HyMeBr2/78	5827.200	5406.200		3447	50.0	T		43-49Br	
HyMeBr3/70	5827.100	5406.100		3447	39.0	T		?	
10 Hy Berlin-Friedrichshagen 76 (HEEGER)									
HyBFra38/75	5816.215	5406.619		3547	66.0	T	Elster	36.3 ?	37.21
HyBFra49/75	5815.445	5406.303		3547	96.0	CF	Elster	37.8 ?	38.74
11 Archiv MEDON (2 bei SenStadtUm)									
aHG7141	5813.310	5401.860		3547	34.7		Saale	35.2 Pegel	
aHG8018	5818.350	5400.580		3547					
aHG8023d(+f)	5819.430	5406.900		3447					
aHG8056 II	5820.600	5402.225		3447					
aHG8056a(+b)	5821.360	5402.860		3447					
aHG8077	5820.710	5404.180		3447	49.0				
aHG8079	5824.360	5402.380		3447					
aHG8080a	5823.770	5404.900		3447					
aHG8091	5820.860	5399.740		3447					
aHG8109	5821.470	5402.320		3447					
aHG8126 (I)	5820.040	5404.610		3447	41.0		Saale	58.4 Alt-Kaulsdorf	

aHG8129a	5816.850	5404.360	3547	60.0	Elster	37.5 Mahlsdorf-Süd
aHG8131H	5818.680	5402.900	3547	16.5	Saale	37.7 Wuhletal in Biesdorf-Süd
aHG8142	5820.020	5405.940	3447	37.4	Saale	51.5 Mahlsdorf
aHG8152	5821.280	5404.890	3447	46.5	Saale	58.2 Kaulsdorf-Nord
aHG8162	5817.900	5401.620	3547	128.5	RT	36.0 Biesenhorst, Bahnbetriebswerk 1939
aHG8165	5822.200	5406.630	3447	66.0	Saale	62.3 Mahlsdorf
aHG8193	5820.570	5403.640	3447			
aHG8194	5821.680	5399.790	3447	58.5	Holstein	53.0 Friedrichsfelde
aHG8196	5818.000	5404.060	3547	81.0	Holstein	37.2 Mahlsdorf
aHG8199	5820.810	5403.590	3447			
aHG8209	5821.615	5400.460	3447	64.0	Elster	51.2 Friedrichsfelde, Magerviehhof
aHG8218	5817.750	5400.320	3547	28.5	Saale	36.5 Karlshorst
aHG8220	5818.760	5400.800	3547			
aHG8222	5823.650	5401.830	3447	66.0	Saale	62.3 Marzahn
aHG8224	5822.840	5402.010	3447	46.5	Saale	56.0 Biesdorf-Nord
aHG8225	5822.030	5402.130	3447	49.0	Saale	56.0 Biesdorf-Nord
aHG8229	5819.300	5401.840	3547			
aHG8230	5822.190	5405.500	3447	46.0	Saale	56.5 Mahlsdorf-Nord
aHG8235	5821.740	5406.480	3447	51.5	Saale	58.2 Mahlsdorf
aHG8236	5820.755	5406.720	3447	48.0	Saale	52.2 Mahlsdorf
aHG9002a	5815.490	5401.770	3547	76.3	Elster	34.5 Wuhlheide
aHG9007c	5814.660	5400.200	3547	37.0	Saale	35.5 Wuhlheide
aHG9008b	5814.665	5402.400	3547	49.0	Elster	35.1
aHG9008c	5814.760	5401.170	3547	92.4	Miozan	35.0 Wuhlheide
aHG9008d	5814.800	5402.200	3547	60.0	Holstein	35.2 Wuhlheide
aHG9058	5814.510	5403.820	3547	36.0	Saale	34.9 Köpenick
aHG9140a	5816.580	5399.680	3547	106.3	Miozan	35.0 WW Wuhlheide, Br West 17
aHG9140e	5816.290	5399.090	3547	95.0	Miozan	34.5 WW Wuhlheide, Br West 57
aHG9201	5814.140	5403.200	3547	50.2	Holstein	34.7 Köpenick
aHG9208	5814.280	5405.800	3547	43.0	Holstein	36.0 Hirschgarten
aHG9222	5815.780	5401.090	3547	88.5	Elster	35.1 Wuhlheide
aHG9223	5815.220	5401.620	3547	59.0	Holstein	35.0 Wuhlheide
aHG10144	5828.440	5400.830	3447	63.0	Holstein?	60.0 ne' Wartenberg
aHG10145	5827.440	5402.520	3447	48.0	Saale	61.0 ö' Falkenberg
aHG10146g	5828.770	5400.000	3447	46.0	Saale	60.6 n' Wartenberg
aHG10147	5827.225	5401.240	3447	46.3	Saale	56.3 Falkenberg
aHgt10148	5828.600	5403.160	3447			
12 Erläuterungen zum Geologischen Mektschblatt (EGM)						
EGM 1/3447 = a47K	5830.100	5405.300	3447	103.0	Miozan	75.0 sw' Blumberg
EGM 2/3447	5829.980	5405.480	3447	63.0	Elster	74.0 sw' Blumberg
EGM 3/3447 = a3	5827.530	5399.680	3447	45.0	Saale	35.0 sw' Wartenberg
EGM 4/3447	5827.790	5399.880	3447	46.0	Saale	58.0 in Wartenberg
EGM 5/3447 = a5	5827.400	5402.500	3447	50.0	Saale	62.0 Bhf. Ahrensfelde
EGM 16/3447 = aHG8142b	5820.010	5405.560	3447	60.0	Elster	55.0 Alt-Mahlsdorf
EGM 19/3447	5820.750	5404.330	3447	51.0	Saale	55.0 Kaulsdorf, an der Bahn
EGM 20/3447 = aHG8199	5820.810	5403.640	3447	63.0	Holstein	52.0 Kaulsdorf, an der Bahn

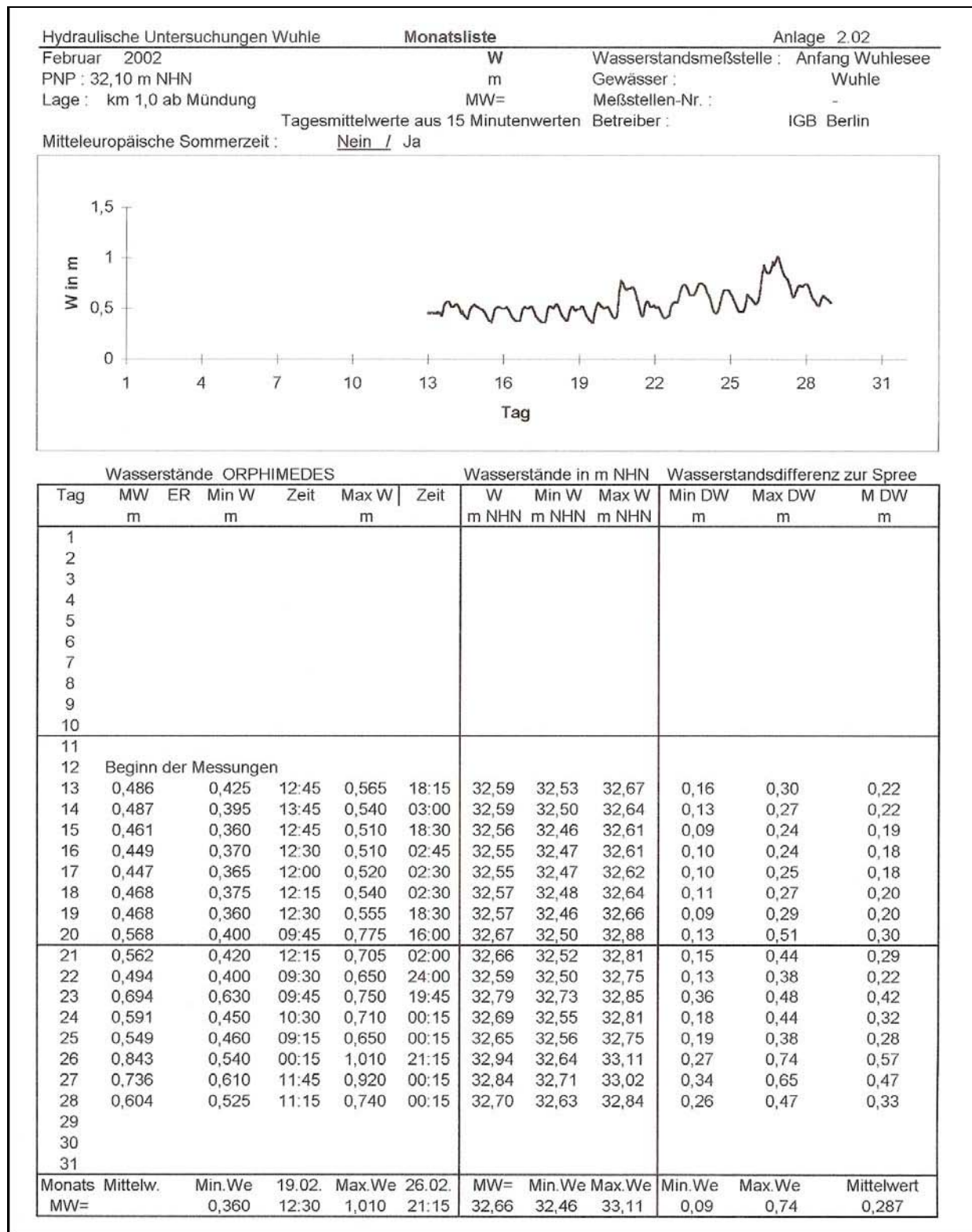
Fortsetzung der Tabelle: Recherche von Alt-Bohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle

EGM 21/3447	5820.120	5403.880	3447	42.0	Saale	51.0 Kaulsdorf, Dorfstraße	
EGM 24/3447	5819.550	5403.210	3447	9.7	Weichsel	36.0 an der Wuhle	
EGM 26/3447	5819.970	5403.710	3447	14.0	Saale	37.0 an der Wuhle	
EGM 27/3447	5820.040	5403.640	3447	20.0	Saale	37.0 an der Wuhle	
EGM 29/3447	5820.920	5402.560	3447	40.0	Saale	50.0 s' Wuhlgarten	
EGM 30/3447	5821.670	5403.460	3447	16.5	Saale	41.0 Wuhletal	
EGM 31/3447	5821.720	5404.615	3447	27.8	Saale	58.0 Kaulsdorf-Nord	
EGM 32/3447 = aHG8080	5823.850	5404.660	3447	56.0	Saale	56.0 Hellersdorf	
EGM 33/3447	5824.400	5402.340	3447	49.0	Saale	58.0 Marzahn, Dorfbrunnen	
EGM 35/3447 = aHG8008	5822.640	5401.740	3447	52.0	Saale	55.0 Biesdorf-Nord	
EGM 36/3447 = aHG8087	5822.100	5401.230	3447	62.3	Holstein	54.0 Biesdorf-Nord	
EGM 38/3447	5821.550	5402.240	3447	58.2	Holstein	50.0 Biesdorf-Nord	
EGM 39/3447	5820.650	5402.140	3447	48.8	Saale	50.0 Biesdorf, Schloßpark	
EGM 40/3447	5820.570	5401.920	3447	39.3	Saale	42.0 Alt-Biesdorf/Bahnhofstr.	
EGM 52/3447 = aHG8051 (I+II)	5821.080	5400.870	3447	46.0	Saale	51.0 ne' Friedrichsfelde	
EGM 54/3447	5819.830	5400.270	3447	39.4	Saale	36.0 Friedrichsfelde, Schloßpark	
EGM 55/3447/aHG8052	5820.040	5400.180	3447	45.0	Saale	36.0 Friedrichsfelde, Schloßpark, alter Brunnen	
EGM 57/3447 = aHG8053	5821.000	5400.050	3447	42.0	Saale	49.0 Friedrichsfelde-Ost, Bahnhof	
EGM 58/3447 = aHG8002	5821.950	5400.400	3447	65.0	Elster	53.0 Friedrichsfelde, ehem. Magerviehhof	
EGM 59/3447 = aHG8086	5822.580	5400.050	3447	56.2	Holstein	52.0 Friedrichsfelde, nö' ehem. Magerviehhof	
EGM 61/3447 = aHG8094	5822.050	5399.160	3447	57.0	Holstein	52.0 Friedrichsfelde, Zentralfriedhof	
EGM 62/3447 = aHG8095	5821.860	5399.370	3447	44.0	Saale	50.0 Friedrichsfelde, Zentralfriedhof	
EGM 63/3447 = aHG8091	5820.870	5399.725	3447	60.9	Saale	50.0 Friedrichsfelde	
EGM 9/3547	5814.860	5400.070	3547	67.5		34.0 Oberschöneweide	
EGM 10/3547	5814.940	5400.320	3547	71.0	Elster	34.0 Oberschöneweide	
EGM 16/3547	5815.300	5401.150	3547	74.5	Elster	35.0 Oberschöneweide	
EGM 17/3547	5815.400	5402.150	3547	67.0	Elster		
13 Herkunft unklar, z.T. ehem. Archiv GFE Halle in Berlin							
Hy(?)B2/80	5819.449	5405.103	3447	254.0		Mahlsdorf-Süd	
BBH18162/39	5817.900	5401.640	3547	128.0		Biesdorf-Süd	
BWuW83	5815.640	5399.900	3547	76.0		Wuhlheide	
Z/61	5828.800	5403.050	3447	62.0		Ahrensfelde	
HyAef2/67	5829.140	5403.920	3447	59.5	Saale	67.0 Ahrensfelde-Nord	
HyAef1/67	5829.390	5404.120	3447	56.0	Saale	62.0 Ahrensfelde-Nord	
at74	5829.400	5404.180	3447	54.8		se' Ahrensfelde	
at186	5827.820	5404.400	3447	54.5		Ahrensfelde	
HyFF/59	5828.600	5403.800	3447	52.0		Ahrensfelde	
Aef1/82	5829.450	5403.940	3447	52.0		Ahrensfelde-Nord	
Aef-70	5829.660	5404.600	3447	51.5		Ahrensfelde-Nord	
IgB183E/67	5827.220	5401.780	3447	50.0	Saale	Falkenberg	
IgB/67	5827.500	5404.910	3447	50.0		o' Ahrensfelde	
FagBn1/77	5827.540	5401.350	3447	47.5		Falkenberg	
at165	5828.060	5403.030	3447	47.2		Ahrensfelde	
180/67	5828.440	5401.640	3447			n' Falkenberg	
181/67	5827.880	5402.160	3447			n' Falkenberg	
1/88	5827.380	5401.725	3447			Falkenberg	

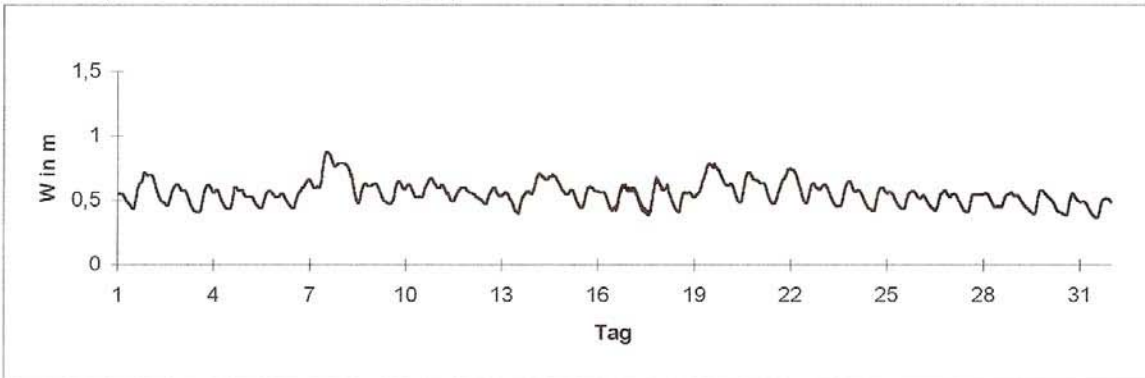
Fortsetzung der Tabelle: Recherche von Alt-Bohrungen im Einzugsgebiet der Wuhle

177/67	5828.290	5401.230	3447	Falkenberg
<div>Anmerkungen</div> <div><div>Koordinaten-Angaben durchweg GAUSS/KRÜGER, System 40/82 - BESSEL: - wie auf den Topogr. Karten "für die Volkswirtschaft" (AV) und den alten Maßstabsblättern verwendet; der Gittersprung verläuft bei 5400 etwa auf der Linie Lindenberg - Warftenberg - Friedrichsfelde - Oberschneweide - Adlershof-West - Altglienicke Nur der Gradstreifen-Mittelmeridian verläuft streng Nord-Süd, sämtliche seitlichen Gitterbereiche weichen davon zunehmend ab</div><div>5828.290 5401.230 östlicher Gradstreifen (15° öL - Mittelmeridian) 4605.126 4605.126 westlicher Gradstreifen (12° öL - Mittelmeridian) 5827.220 5401.780 für den östlichen Gradstreifen graphisch auf dem Kartenblatt ermittelt 5827.300 5406.300 grob-Koord., geschätzt!</div><div>- in der Übersichtskarte unterlegte Topographie ist nur begrenzt lagengau, sie soll nur die Orientierung erleichtern! - bei einigen Bohrungen wurde die Bezeichnung wegen der Lesbarkeit entfernt - der Maßstab ergab sich zwangsläufig unter der Prämisse der Darstellung auf einem einzigen DIN A4-Blatt; jeder andere Maßstab kann nachgereicht werden - der Wuhle-Lauf liegt digitalisiert als Wuhle.bln im SURFER6 vor</div></div>				

Datum	Uhrzeit	Wasserstandsaufzeichnung [m NHN]	Ablesung am Lattenpegel [m]	Wasserstand [m NHN]	Differenz [m]	MITTELWERT [m]
	(Winterzeit)					
28.11.2001	12:15	32,47	0,98	32,4	0,07	
04.12.2001	13:05	32,43	0,93	32,35	0,08	
12.12.2001	11:15	32,47	0,98	32,4	0,07	
19.12.2001	13:00	32,45	0,92	32,34	0,11	
09.01.2002	13:00	32,5	0,99	32,41	0,09	
16.01.2002	12:30	32,5	1	32,42	0,08	
23.01.2002	13:45	32,47	0,95	32,37	0,1	
30.01.2002	11:50	32,48	0,97	32,39	0,09	
06.02.2002	12:50	32,51	0,99	32,41	0,1	
13.02.2002	11:50	32,5	0,99	32,41	0,09	
20.02.2002	12:00	32,49	0,96	32,38	0,11	
27.02.2002	10:15	32,59	1,03	32,45	0,14	
06.03.2002	12:15	32,49	0,97	32,39	0,1	
12.03.2002	11:10	32,49	0,96	32,38	0,11	
16.03.2002	09:00	32,48	0,96	32,38	0,1	
20.03.2002	11:50	32,52	1	32,42	0,1	
27.03.2002	08:45	32,48	0,95	32,37	0,11	
06.04.2002	12:15	32,45	0,93	32,35	0,1	
09.04.2002	11:15	32,48	0,96	32,38	0,1	
16.04.2002	11:20	32,6	1,02	32,44	0,16	
24.04.2002	10:15	32,47	0,96	32,38	0,09	0,1
29.05.2002	13:30	32,35	0,96	32,38	-0,03	Wiederinbetriebnahme
06.06.2002	11:30	32,34	0,93	32,35	-0,01	
12.06.2002	12:15	32,37	0,99	32,41	-0,04	
19.06.2002	11:20	32,36	0,96	32,38	-0,02	
20.06.2002	14:40	32,36	1	32,42	-0,06	
26.06.2002	10:00	32,37	0,95	32,37	0	
01.07.2002	11:20	32,38	0,96	32,38	0	
03.07.2002	11:10	32,43	0,99	32,41	0,02	
10.07.2002	09:45	32,37	0,95	32,37	0	
11.07.2002	14:25	32,42	1	32,42	0	
17.07.2002	16:30	32,39	0,96	32,38	0,01	-0,012

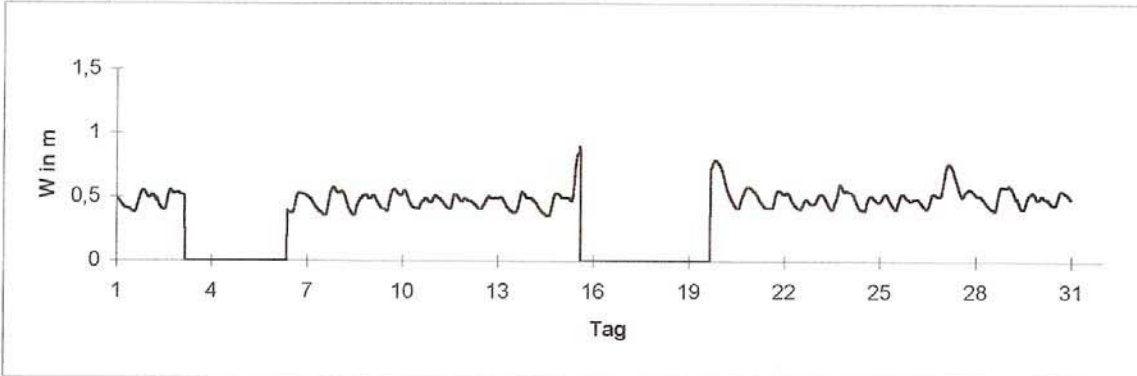


Hydraulische Untersuchungen Wuhle		Monatsliste	Anlage 2.03
Marz	2002	W	Wasserstandsmeßstelle : Anfang Wuhlesee
PNP : 32,10 m NHN		m	Gewässer : Wuhle
Lage : km 1,0 ab Mündung		MW=	Meßstellen-Nr. : -
Tagesmittelwerte aus 15 Minutenwerten		Betreiber :	IGB Berlin
Mitteleuropäische Sommerzeit :		Nein / Ja	



Wasserstände ORPHIMEDES							Wasserstände in m NHN			Wasserstands Differenz zur Spree		
Tag	MW m	ER	Min W m	Zeit	Max W m	Zeit	W m NHN	Min W m NHN	Max W m NHN	Min DW m	Max DW m	M DW m
1	0,563		0,430	12:00	0,715	20:30	32,66	32,53	32,82	0,16	0,45	0,29
2	0,567		0,455	13:15	0,695	00:15	32,67	32,56	32,80	0,19	0,43	0,30
3	0,513		0,405	11:45	0,615	19:30	32,61	32,51	32,72	0,14	0,35	0,24
4	0,526		0,430	10:30	0,600	16:15	32,63	32,53	32,70	0,16	0,33	0,26
5	0,511		0,435	11:30	0,570	17:45	32,61	32,54	32,67	0,17	0,30	0,24
6	0,535		0,435	11:30	0,660	23:30	32,64	32,54	32,76	0,17	0,39	0,27
7	0,731		0,590	04:00	0,875	13:15	32,83	32,69	32,98	0,32	0,61	0,46
8	0,638		0,475	12:45	0,785	00:15	32,74	32,58	32,89	0,21	0,52	0,37
9	0,559		0,465	12:15	0,645	18:45	32,66	32,57	32,75	0,20	0,38	0,29
10	0,589		0,520	07:45	0,670	19:00	32,69	32,62	32,77	0,25	0,40	0,32
11	0,565		0,485	11:30	0,615	03:00	32,66	32,59	32,72	0,22	0,35	0,29
12	0,532		0,465	12:00	0,595	18:00	32,63	32,57	32,70	0,20	0,33	0,26
13	0,510		0,395	12:30	0,575	24:00	32,61	32,50	32,68	0,13	0,31	0,24
14	0,652		0,550	23:45	0,705	04:15	32,75	32,65	32,81	0,28	0,44	0,38
15	0,538		0,440	11:45	0,605	18:15	32,64	32,54	32,71	0,17	0,34	0,27
16	0,525		0,420	10:45	0,620	20:45	32,63	32,52	32,72	0,15	0,35	0,26
17	0,520		0,380	13:30	0,675	20:15	32,62	32,48	32,78	0,11	0,41	0,25
18	0,523		0,405	11:15	0,620	04:15	32,62	32,51	32,72	0,14	0,35	0,25
19	0,678		0,520	00:15	0,780	11:30	32,78	32,62	32,88	0,25	0,51	0,41
20	0,612		0,480	10:15	0,715	16:30	32,71	32,58	32,82	0,21	0,45	0,34
21	0,598		0,470	11:00	0,745	23:15	32,70	32,57	32,85	0,20	0,48	0,33
22	0,604		0,475	11:45	0,745	00:15	32,70	32,58	32,85	0,21	0,48	0,33
23	0,551		0,450	10:45	0,645	19:30	32,65	32,55	32,75	0,18	0,38	0,28
24	0,519		0,415	14:00	0,595	19:30	32,62	32,52	32,70	0,15	0,33	0,25
25	0,515		0,430	12:00	0,570	19:15	32,62	32,53	32,67	0,16	0,30	0,25
26	0,503		0,420	12:00	0,575	19:15	32,60	32,52	32,68	0,15	0,31	0,23
27	0,499		0,405	11:30	0,550	02:30	32,60	32,51	32,65	0,14	0,28	0,23
28	0,506		0,445	09:00	0,560	20:45	32,61	32,55	32,66	0,18	0,29	0,24
29	0,488		0,390	13:30	0,575	19:15	32,59	32,49	32,68	0,12	0,31	0,22
30	0,465		0,380	13:30	0,555	19:00	32,56	32,48	32,66	0,11	0,29	0,19
31	0,453		0,360	12:30	0,515	20:00	32,55	32,46	32,62	0,09	0,25	0,18
Monats	Mittelw.		Min.We	31.03.	Max.We	07.03.	MW=	Min.We	Max.We	Min.We	Max.We	Mittelwert
MW=	0,551		0,360	12:30	0,875	13:15	32,65	32,46	32,98	0,09	0,61	0,281

Hydraulische Untersuchungen Wuhle Monatsliste Anlage 2.04
 April 2002 W Wasserstandsmeßstelle : Anfang Wuhlesee
 PNP : 32,10 m NHN m Gewässer : Wuhle
 Lage : km 1,0 ab Mündung MW= Meßstellen-Nr. : -
 Tagesmittelwerte aus 15 Minutenwerten Betreiber : IGB Berlin
 Mitteleuropäische Sommerzeit : Nein / Ja



Wasserstände ORPHIMEDES							Wasserstände in m NHN			Wasserstands Differenz zur Spree		
Tag	MW m	ER	Min W m	Zeit	Max W m	Zeit	W m NHN	Min W m NHN	Max W m NHN	Min DW m	Max DW m	M DW m
1	0,453		0,375	13:30	0,550	20:15	32,55	32,48	32,65	0,11	0,28	0,18
2	0,488		0,395	11:45	0,555	17:00	32,59	32,50	32,66	0,13	0,29	0,22
3		*										
4		*										
5		*										
6		*										
7	0,459		0,355	13:15	0,570	20:00	32,56	32,46	32,67	0,09	0,30	0,19
8	0,467		0,355	11:15	0,545	02:00	32,57	32,46	32,65	0,09	0,28	0,20
9	0,479		0,390	12:30	0,560	18:00	32,58	32,49	32,66	0,12	0,29	0,21
10	0,467		0,405	12:30	0,550	01:30	32,57	32,51	32,65	0,14	0,28	0,20
11	0,472		0,405	12:00	0,520	15:30	32,57	32,51	32,62	0,14	0,25	0,20
12	0,462		0,405	10:30	0,505	17:30	32,56	32,51	32,61	0,14	0,24	0,19
13	0,456		0,375	11:45	0,540	18:45	32,56	32,48	32,64	0,11	0,27	0,19
14	0,442		0,350	13:15	0,530	19:45	32,54	32,45	32,63	0,08	0,26	0,17
15		*			0,895	14:00			33,00		0,63	
16		*										
17		*										
18		*										
19		*			0,790	19:45			32,89		0,52	
20	0,535		0,410	12:45	0,735	00:15	32,63	32,51	32,84	0,14	0,47	0,26
21	0,484		0,415	09:45	0,555	00:15	32,58	32,52	32,66	0,15	0,29	0,21
22	0,463		0,405	12:30	0,535	01:30	32,56	32,51	32,64	0,14	0,27	0,19
23	0,502		0,405	11:45	0,600	18:00	32,60	32,51	32,70	0,14	0,33	0,23
24	0,471		0,395	11:00	0,545	00:15	32,57	32,50	32,65	0,13	0,28	0,20
25	0,480		0,405	12:00	0,525	04:30	32,58	32,51	32,63	0,14	0,26	0,21
26	0,484		0,410	10:30	0,605	24:00	32,58	32,51	32,71	0,14	0,34	0,21
27	0,612		0,500	14:15	0,760	03:30	32,71	32,60	32,86	0,23	0,49	0,34
28	0,492		0,395	14:00	0,585	19:45	32,59	32,50	32,69	0,13	0,32	0,22
29	0,499		0,405	11:15	0,590	01:00	32,60	32,51	32,69	0,14	0,32	0,23
30	0,496		0,435	11:00	0,555	16:15	32,60	32,54	32,66	0,17	0,29	0,23
Monats Mittelw.			Min.We	14. Apr	Max.We	15.04.	MW=	Min.We	Max.We	Min.We	Max.We	Mittelwert
MW=			0,350	13:15	0,895	14:00	32,58	32,45	33,00	0,08	0,63	0,214

Hydraulische Untersuchungen Wuhle

Monatsliste

Anlage 2.05

Mai 2002

W

Wasserstandsmeßstelle : Anfang Wuhlesee

PNP : 32,10 m NHN

m

Gewässer : Wuhle

Lage : km 1,0 ab Mündung

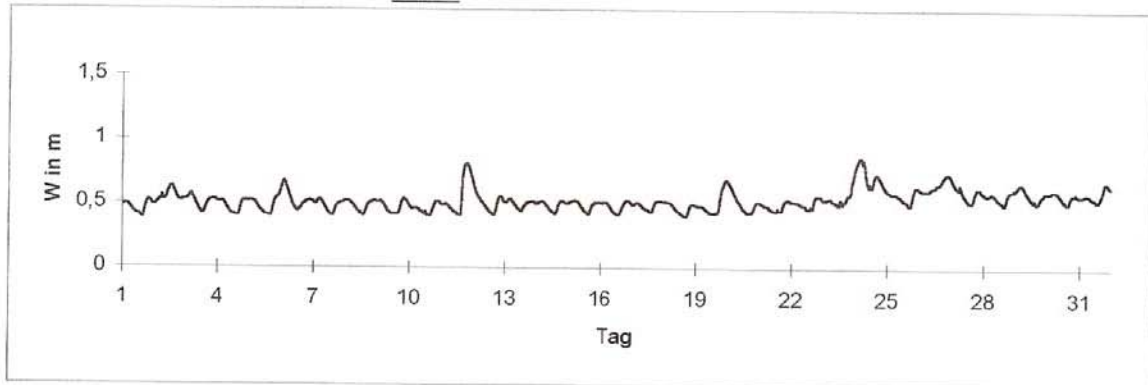
MW=

Meßstellen-Nr. :

Tagesmittelwerte aus 15 Minutenwerten

Betreiber :

IGB Berlin

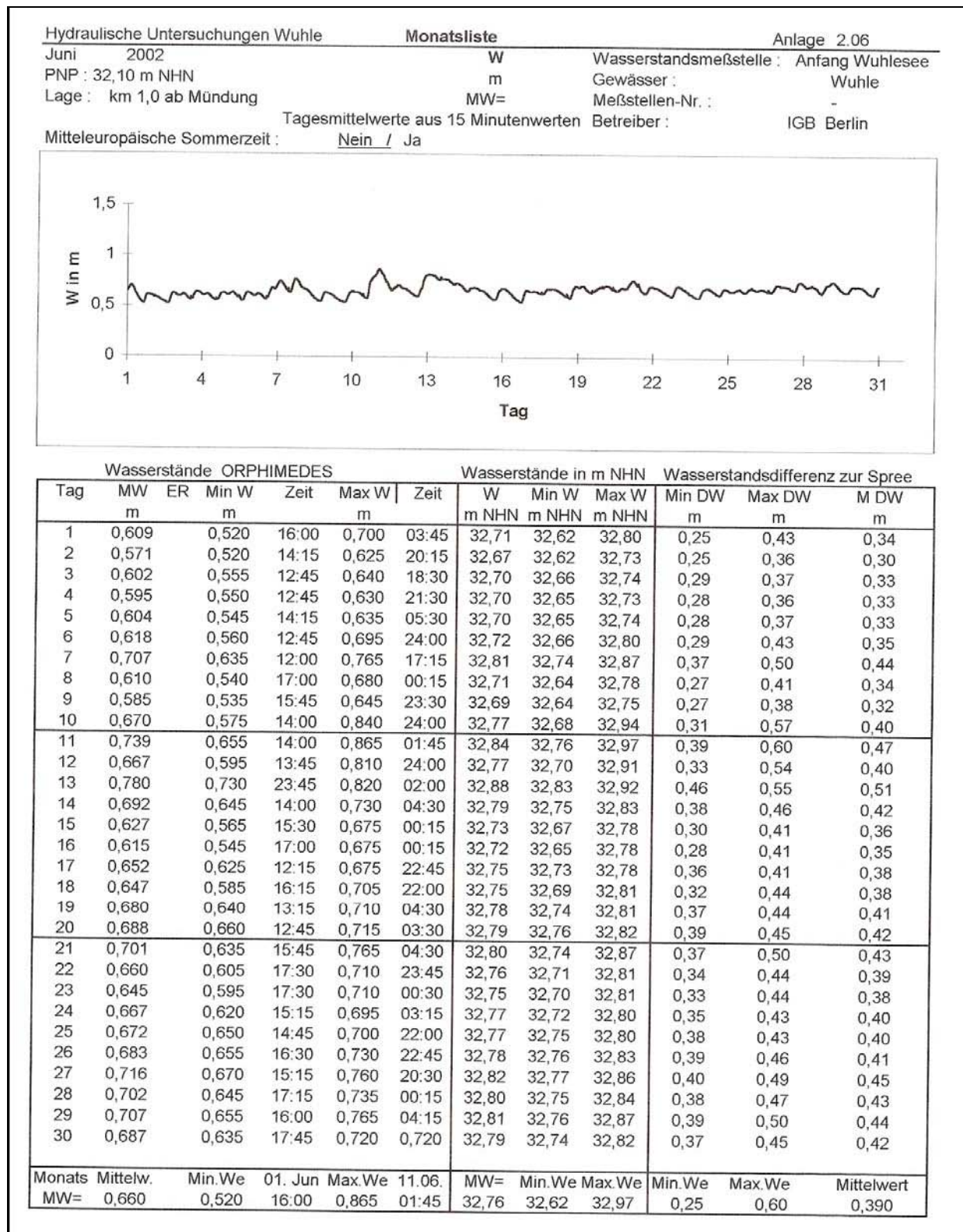
Mitteleuropäische Sommerzeit : Nein / Ja

Wasserstände ORPHIMEDES

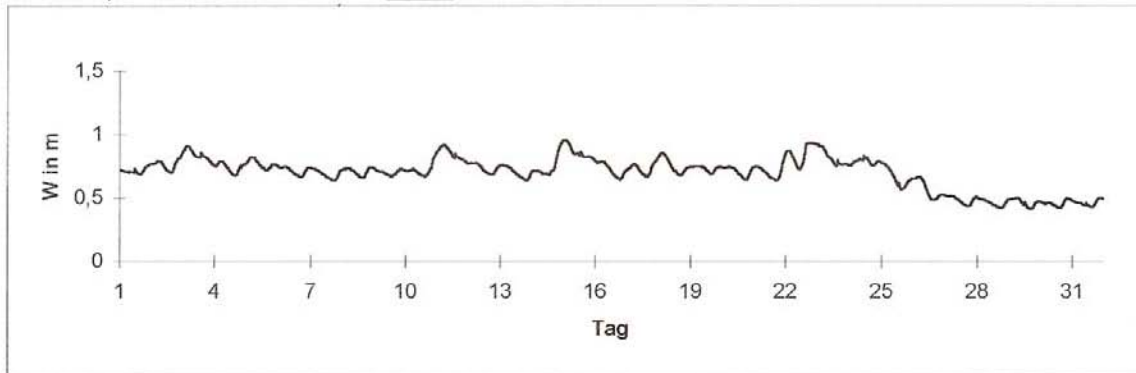
Wasserstände in m NHN

Wasserstands Differenz zur Spree

Tag	MW m	ER	Min W m	Zeit	Max W m	Zeit	W m NHN	Min W m NHN	Max W m NHN	Min DW m	Max DW m	M DW m
1	0,459		0,385	15:00	0,520	20:00	32,58	32,49	32,62	0,12	0,25	0,19
2	0,547		0,485	00:15	0,630	13:15	32,65	32,59	32,73	0,22	0,36	0,28
3	0,503		0,420	12:00	0,570	04:30	32,60	32,52	32,67	0,15	0,30	0,23
4	0,471		0,400	14:15	0,520	19:30	32,57	32,50	32,62	0,13	0,25	0,20
5	0,479		0,400	15:15	0,615	24:00	32,58	32,50	32,72	0,13	0,35	0,21
6	0,527		0,435	12:00	0,670	02:00	32,63	32,54	32,77	0,17	0,40	0,26
7	0,480		0,405	13:45	0,530	04:15	32,58	32,51	32,63	0,14	0,26	0,21
8	0,480		0,405	13:30	0,520	00:15	32,58	32,51	32,62	0,14	0,25	0,21
9	0,472		0,415	10:30	0,535	20:00	32,57	32,52	32,64	0,15	0,27	0,20
10	0,456		0,400	15:30	0,515	20:00	32,56	32,50	32,62	0,13	0,25	0,19
11	0,560		0,405	14:30	0,810	19:30	32,66	32,51	32,91	0,14	0,54	0,29
12	0,508		0,410	16:00	0,670	00:15	32,61	32,51	32,77	0,14	0,40	0,24
13	0,497		0,440	12:15	0,535	03:30	32,60	32,54	32,64	0,17	0,27	0,23
14	0,487		0,420	13:30	0,525	18:45	32,59	32,52	32,63	0,15	0,26	0,22
15	0,489		0,420	14:30	0,530	04:30	32,59	32,52	32,63	0,15	0,26	0,22
16	0,482		0,415	13:30	0,530	20:00	32,58	32,52	32,63	0,15	0,26	0,21
17	0,489		0,435	14:30	0,525	19:30	32,59	32,54	32,63	0,17	0,26	0,22
18	0,468		0,400	16:45	0,520	00:30	32,57	32,50	32,62	0,13	0,25	0,20
19	0,500		0,425	12:00	0,690	23:30	32,60	32,53	32,79	0,16	0,42	0,23
20	0,516		0,430	15:00	0,675	0,675	32,62	32,53	32,78	0,16	0,41	0,25
21	0,484		0,445	12:00	0,535	20:30	32,58	32,55	32,64	0,18	0,27	0,21
22	0,510		0,460	12:30	0,560	18:45	32,61	32,56	32,66	0,19	0,29	0,24
23	0,554		0,495	12:00	0,775	24:00	32,65	32,60	32,88	0,23	0,51	0,28
24	0,721		0,600	24:00	0,860	03:15	32,82	32,70	32,96	0,33	0,59	0,45
25	0,567		0,490	16:45	0,635	21:30	32,67	32,59	32,74	0,22	0,37	0,30
26	0,656		0,605	02:00	0,740	20:30	32,76	32,71	32,84	0,34	0,47	0,39
27	0,596		0,510	15:00	0,705	00:15	32,70	32,61	32,81	0,24	0,44	0,33
28	0,567		0,500	15:15	0,620	23:00	32,67	32,60	32,72	0,23	0,35	0,30
29	0,584		0,510	16:00	0,660	04:00	32,68	32,61	32,76	0,24	0,39	0,31
30	0,572		0,510	14:30	0,610	03:30	32,67	32,61	32,71	0,24	0,34	0,30
31	0,588		0,530	12:45	0,675	20:00	32,69	32,63	32,78	0,26	0,41	0,32
Monats	Mittelw.		Min.We	01.05.	Max.We	24.05.	MW=	Min.We	Max.We	Min.We	Max.We	Mittelwert
	0,525		0,385	0,625	0,860	03:15	32,62	32,49	32,96	0,12	0,59	0,255

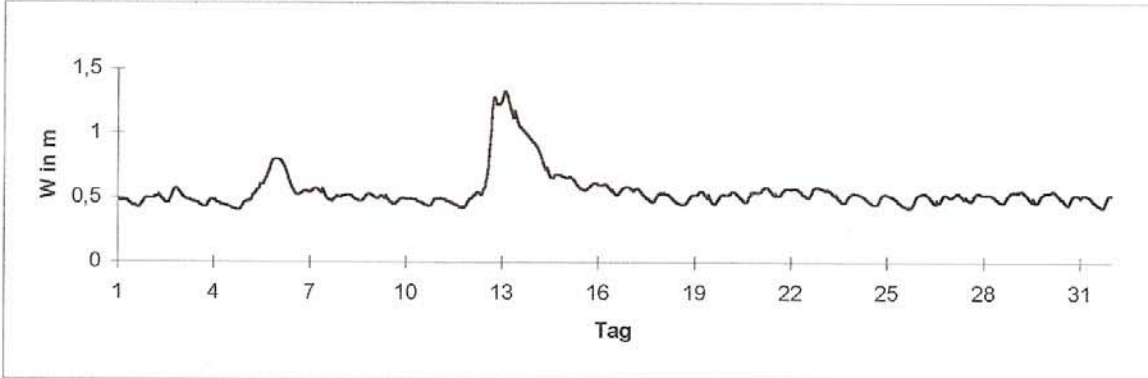


Hydraulische Untersuchungen Wuhle		Monatsliste	Anlage 2.07
Juli 2002		W	Wasserstandsmeßstelle : Anfang Wuhlesee
PNP : 32,10 m NHN		m	Gewässer : Wuhle
Lage : km 1,0 ab Mündung		MW=	Meßstellen-Nr. : -
Tagesmittelwerte aus 15 Minutenwerten		Betreiber :	IGB Berlin
Mitteleuropäische Sommerzeit :		Nein / Ja	



Wasserstände ORPHIMEDES							Wasserstände in m NHN			Wasserstandsdifferenz zur Spree		
Tag	MW	ER	Min W	Zeit	Max W	Zeit	W	Min W	Max W	Min DW	Max DW	M DW
	m		m		m		m NHN	m NHN	m NHN	m	m	m
1	0,713		0,680	16:00	0,765	23:45	32,81	32,78	32,87	0,41	0,50	0,44
2	0,762		0,695	14:45	0,855	24:00	32,86	32,80	32,96	0,43	0,59	0,49
3	0,837		0,755	23:30	0,910	03:45	32,94	32,86	33,01	0,49	0,64	0,57
4	0,738		0,670	15:30	0,785	04:15	32,84	32,77	32,89	0,40	0,52	0,47
5	0,764		0,715	15:15	0,820	03:15	32,86	32,82	32,92	0,45	0,55	0,49
6	0,709		0,660	16:30	0,745	04:45	32,81	32,76	32,85	0,39	0,48	0,44
7	0,684		0,635	16:45	0,735	00:45	32,78	32,74	32,84	0,37	0,47	0,41
8	0,705		0,655	15:00	0,740	21:15	32,80	32,76	32,84	0,39	0,47	0,43
9	0,699		0,665	13:15	0,735	00:15	32,80	32,77	32,84	0,40	0,47	0,43
10	0,718		0,665	15:00	0,855	00:15	32,82	32,77	32,96	0,40	0,59	0,45
11	0,845		0,765	24:00	0,915	04:45	32,95	32,87	33,02	0,50	0,65	0,58
12	0,732		0,680	18:00	0,775	01:45	32,83	32,78	32,88	0,41	0,51	0,46
13	0,698		0,635	19:30	0,755	00:15	32,80	32,74	32,86	0,37	0,49	0,43
14	0,747		0,675	13:15	0,950	24:00	32,85	32,78	33,05	0,41	0,68	0,48
15	0,858		0,790	24:00	0,950	00:45	32,96	32,89	33,05	0,52	0,68	0,59
16	0,720		0,640	19:00	0,790	00:15	32,82	32,74	32,89	0,37	0,52	0,45
17	0,728		0,665	14:30	0,820	24:00	32,83	32,77	32,92	0,40	0,55	0,46
18	0,753		0,670	16:15	0,855	03:00	32,85	32,77	32,96	0,40	0,59	0,48
19	0,729		0,685	15:45	0,745	00:15	32,83	32,79	32,85	0,42	0,48	0,46
20	0,704		0,640	17:15	0,745	05:00	32,80	32,74	32,85	0,37	0,48	0,43
21	0,702		0,635	17:15	0,835	24:00	32,80	32,74	32,94	0,37	0,57	0,43
22	0,846		0,720	10:45	0,930	17:45	32,95	32,82	33,03	0,45	0,66	0,58
23	0,807		0,745	14:00	0,915	00:45	32,91	32,85	33,02	0,48	0,65	0,54
24	0,783		0,750	00:45	0,830	10:45	32,88	32,85	32,93	0,48	0,56	0,51
25	0,658		0,560	15:15	0,775	00:15	32,76	32,66	32,88	0,29	0,51	0,39
26	0,563		0,480	14:30	0,665	03:45	32,66	32,58	32,77	0,21	0,40	0,29
27	0,480		0,430	17:15	0,520	00:15	32,58	32,53	32,62	0,16	0,25	0,21
28	0,459		0,420	17:15	0,500	00:15	32,56	32,52	32,60	0,15	0,23	0,19
29	0,462		0,410	16:30	0,500	06:00	32,56	32,51	32,60	0,14	0,23	0,19
30	0,456		0,420	14:00	0,500	20:45	32,56	32,52	32,60	0,15	0,23	0,19
31	0,459		0,425	14:15	0,500	20:45	32,56	32,53	32,60	0,16	0,23	0,19
Monats	Mittelw.		Min.We	29.07.	Max.We	14.07.	MW=	Min.We	Max.We	Min.We	Max.We	Mittelwert
MW=	0,694		0,410	16:30	0,950	24:00	32,79	32,51	33,05	0,14	0,68	0,424

Hydraulische Untersuchungen Wuhle Monatsliste Anlage 2.08
 August 2002 W Wasserstandsmeßstelle : Anfang Wuhlesee
 PNP : 32,10 m NHN m Gewässer : Wuhle
 Lage : km 1,0 ab Mündung MW= Meßstellen-Nr. : -
 Tagesmittelwerte aus 15 Minutenwerten Betreiber : IGB Berlin
 Mitteleuropäische Sommerzeit : Nein / Ja



Wasserstände ORPHIMEDES							Wasserstände in m NHN			Wasserstandsdifferenz zur Spree		
Tag	MW m	ER m	Min W m	Zeit	Max W m	Zeit	W m NHN	Min W m NHN	Max W m NHN	Min DW m	Max DW m	M DW m
1	0,464		0,420	15:00	0,500	22:45	32,56	32,52	32,60	0,15	0,23	0,19
2	0,509		0,455	12:15	0,570	19:30	32,61	32,56	32,67	0,19	0,30	0,24
3	0,467		0,425	16:45	0,520	00:15	32,57	32,53	32,62	0,16	0,25	0,20
4	0,435		0,400	17:00	0,485	01:15	32,54	32,50	32,59	0,13	0,22	0,17
5	0,619		0,465	00:15	0,800	24:00	32,72	32,57	32,90	0,20	0,53	0,35
6	0,617		0,520	14:30	0,795	00:15	32,72	32,62	32,90	0,25	0,53	0,35
7	0,522		0,470	17:00	0,570	04:15	32,62	32,57	32,67	0,20	0,30	0,25
8	0,505		0,475	12:30	0,530	20:00	32,60	32,58	32,63	0,21	0,26	0,23
9	0,485		0,450	14:15	0,515	09:15	32,58	32,55	32,62	0,18	0,25	0,21
10	0,468		0,430	17:30	0,490	00:15	32,57	32,53	32,59	0,16	0,22	0,20
11	0,457		0,415	18:30	0,495	02:30	32,56	32,52	32,60	0,15	0,23	0,19
12	0,803		0,485	00:15	1,280	18:30	32,90	32,59	33,38	0,22	1,01	0,53
13	1,109		0,925	24:00	1,325	02:15	33,21	33,03	33,43	0,66	1,06	0,84
14	0,733		0,650	13:45	0,925	00:15	32,83	32,75	33,03	0,38	0,66	0,46
15	0,604		0,555	13:45	0,665	00:15	32,70	32,66	32,77	0,29	0,40	0,33
16	0,571		0,520	14:00	0,605	04:45	32,67	32,62	32,71	0,25	0,34	0,30
17	0,523		0,465	16:30	0,575	00:15	32,62	32,57	32,68	0,20	0,31	0,25
18	0,489		0,445	14:30	0,535	00:30	32,59	32,55	32,64	0,18	0,27	0,22
19	0,508		0,450	15:00	0,550	04:30	32,61	32,55	32,65	0,18	0,28	0,24
20	0,517		0,465	14:15	0,545	04:15	32,62	32,57	32,65	0,20	0,28	0,25
21	0,548		0,510	12:30	0,580	04:45	32,65	32,61	32,68	0,24	0,31	0,28
22	0,549		0,500	12:30	0,580	18:45	32,65	32,60	32,68	0,23	0,31	0,28
23	0,516		0,460	15:15	0,560	00:15	32,62	32,56	32,66	0,19	0,29	0,25
24	0,493		0,445	13:00	0,530	00:15	32,59	32,55	32,63	0,18	0,26	0,22
25	0,470		0,420	15:30	0,525	23:45	32,57	32,52	32,63	0,15	0,26	0,20
26	0,502		0,450	12:30	0,535	02:45	32,60	32,55	32,64	0,18	0,27	0,23
27	0,511		0,475	13:45	0,535	04:00	32,61	32,58	32,64	0,21	0,27	0,24
28	0,508		0,460	14:15	0,550	23:00	32,61	32,56	32,65	0,19	0,28	0,24
29	0,515		0,460	15:15	0,555	04:00	32,62	32,56	32,66	0,19	0,29	0,25
30	0,509		0,445	15:15	0,555	03:30	32,61	32,55	32,66	0,18	0,29	0,24
31	0,485		0,425	16:30	0,525	02:45	32,58	32,53	32,63	0,16	0,26	0,21
Monats Mittelw.			Min.We	04.08.	Max.We	13.08.	MW=	Min.We	Max.We	Min.We	Max.We	Mittelwert
MW=	0,549		0,400	17:00	1,325	24:00	32,65	32,50	33,43	0,13	1,06	0,279

Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste				Anlage 1.05.1			
Mai 2001						Q m³/s		Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg					
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten		Gewässer : Wuhle					
Mittleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja						Betreiber : Senatsverwaltung Berlin		Meßstellen-Nr. :					
Am Bahndamm						Wuhletal U/S-Bahn KA Falkenberg							
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P Marz. mm	Bemerkungen	
1	1,148		0,710	15:15	1,530	Oft : 2	0,894	0,254	1,013	0,135		DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF	
2	1,244		0,810	13:45	1,660	18:15	0,962	0,282	1,048	0,196			
3	1,280		0,840	Oft : 2	1,590	Oft : 3	0,972	0,308	1,078	0,202	0,9		
4	1,229		0,850	13:30	1,460	18:50	0,907	0,322	1,038	0,192	0,8		
5	1,685		1,150	09:20	2,990	23:50	1,871	-0,187	1,700	-0,015	16,0		
6	2,166		1,450	16:20	3,120	01:40	1,392	0,774	1,525	0,641	0,6		
7	1,335		0,850	14:25	1,760	02:50	0,944	0,391	1,022	0,313			
8	1,210		0,840	14:15	1,460	01:45	0,830	0,380	0,970	0,240			
9	1,124		0,760	Oft : 2	1,380	Oft : 2	0,884	0,241	0,980	0,145			
10	1,139		0,670	14:50	1,350	05:05	0,813	0,326	0,953	0,186			
11	1,122		0,820	12:50	1,340	17:45	0,809	0,312	0,931	0,191			
12	1,089		0,760	Oft : 2	1,320	Oft : 2	0,771	0,319	0,851	0,238			
13	0,981		0,650	13:20	1,250	Oft : 3			0,879	0,101			
14	1,118		0,710	14:15	1,320	Oft : 2			0,983	0,135			
15	1,241		0,760	12:30	1,890	16:55			1,101	0,140	2,0		
16	1,290		0,700	15:15	1,730	01:40			0,594	0,695	0,5		
17	1,251		0,910	12:55	1,700	19:55			1,030	0,221	3,2		
18	1,137		0,800	14:25	1,410	00:00			0,915	0,222			
19	1,106		0,740	16:30	1,540	22:05			0,908	0,198	1,4		
20	1,046		0,770	18:30	1,460	00:00			0,888	0,157			
21	1,112		0,820	14:50	1,270	Oft : 2			0,936	0,176			
22	1,011		0,760	17:15	1,180	Oft : 2			0,890	0,121			
23	1,025		0,760	Oft : 2	1,190	Oft : 2			0,854	0,171			
24	1,020		0,780	Oft : 3	1,220	Oft : 2			0,854	0,166			
25	0,958		0,600	20:05	1,210	00:00			0,803	0,155			
26	0,874		0,630	15:25	1,060	00:40			0,783	0,091			
27	0,881		0,620	18:10	1,090	01:25			0,944	-0,064			
28	1,109		0,740	17:00	1,620	23:55			1,125	-0,016	4,4		
29	1,244		0,780	17:45	1,690	07:15			0,956	0,288			
30	0,998		0,710	18:00	1,240	12:20			0,839	0,158			
31	1,170		0,840	13:40	2,930	16:20			1,410	-0,239	6,2		
hm³	3,140												
Summe	36,34										36,0		
Mittel	1,172								0,994	0,179			
Gegenüberstellung Am Bahndamm						Wuhletal							
Haupt- oder	NQ1	Tag	Uhrzeit	Q m³/s			Uhrzeit		Q m³/s				
	NQ2	25. Mai	20:05	0,6									
Extrem- werte	HQ1	6. Mai	01:40	3,12									
	HQ2	5. Mai	23:50	2,990									
	HQ3	6. Mai	03:20	2,990									

Hydraulische Untersuchungen Wuhle

Monatsliste

Anlage 1.05.2

Mai 2001

Q
m³/s

Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm

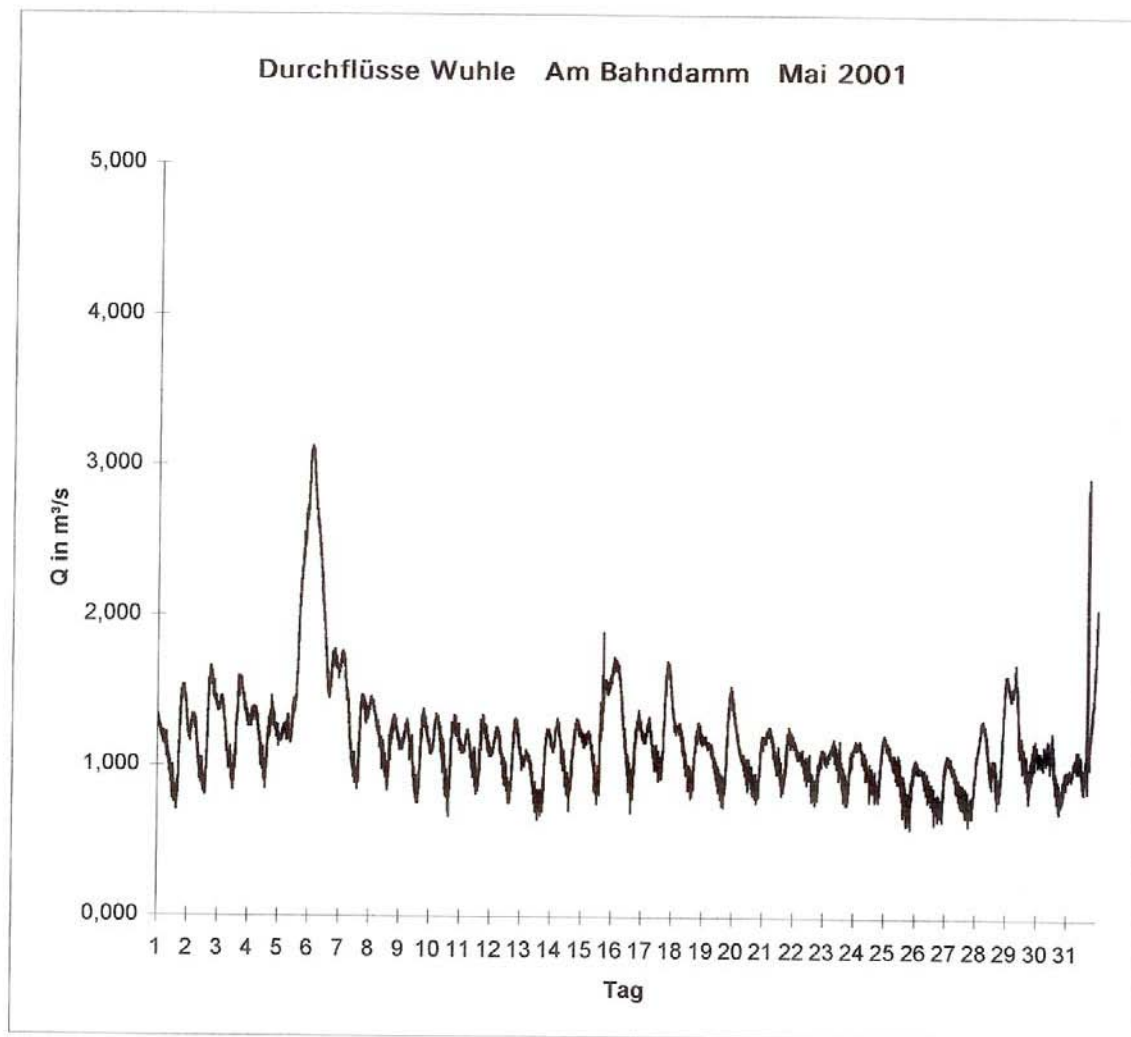
Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg

Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken

Gewässer : Wuhle

Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten

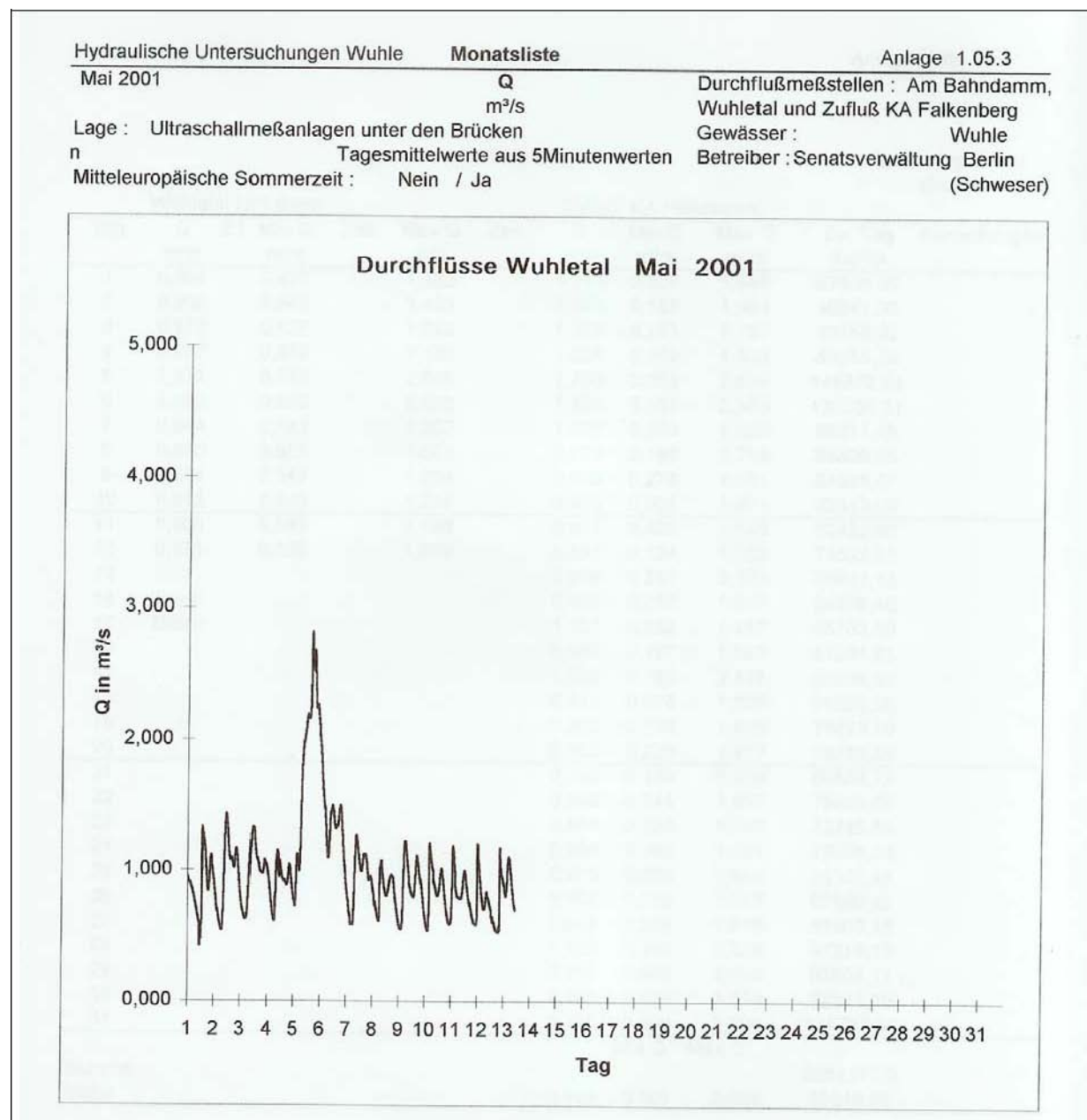
Betreiber : Senatsverwaltung Berlin

Mitteluropäische Sommerzeit : Nein / Ja

Gegenüberstellung Am Bahndamm

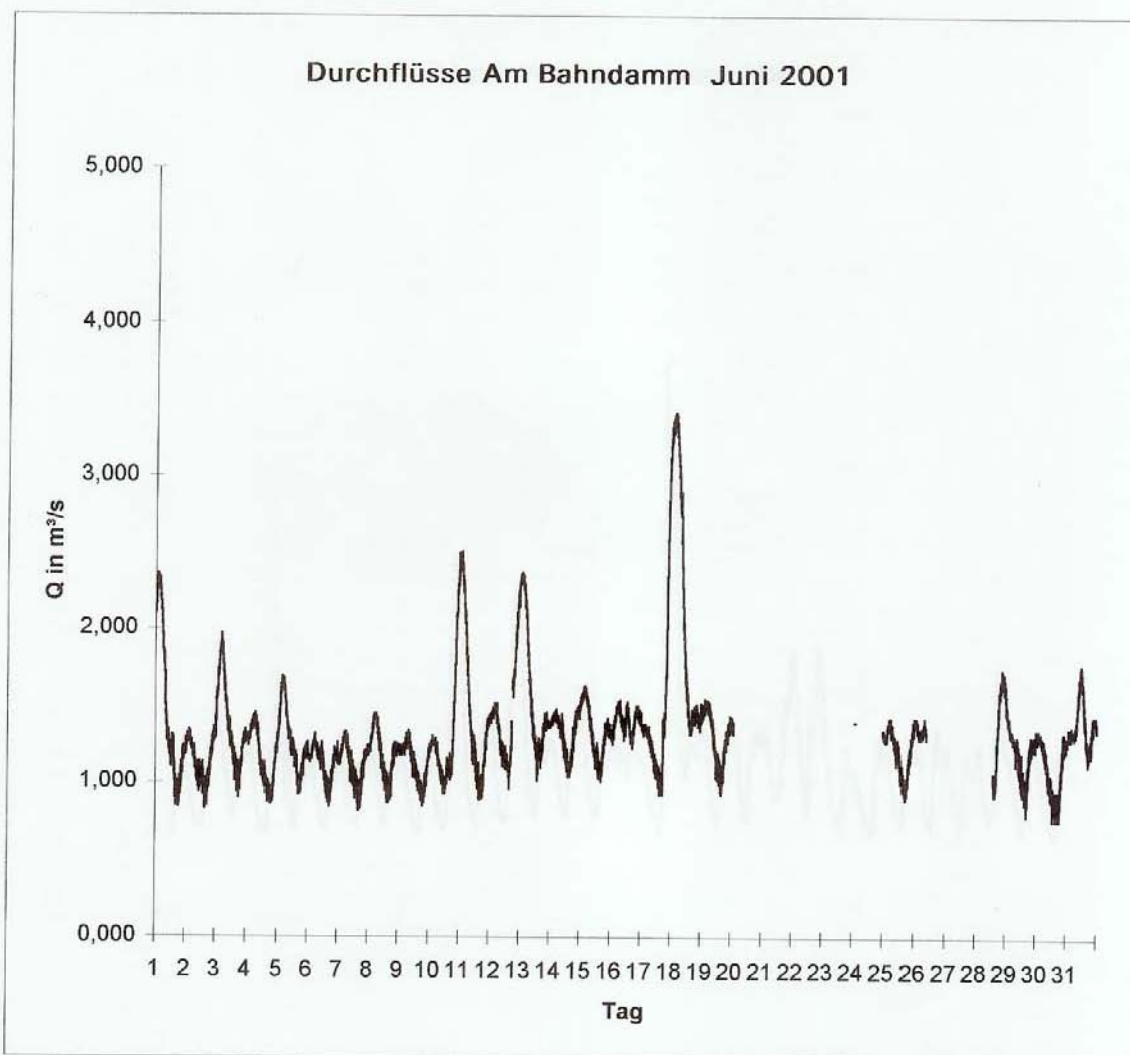
Wuhletal

		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	25. Mai	20:05	0,6		
	NQ2	27. Mai	18:10	0,62		
Extrem- werte	HQ1	6. Mai	01:40	3,12		
	HQ2	5. Mai	23:50	2,990		
	HQ3	6. Mai	03:20	2,990		



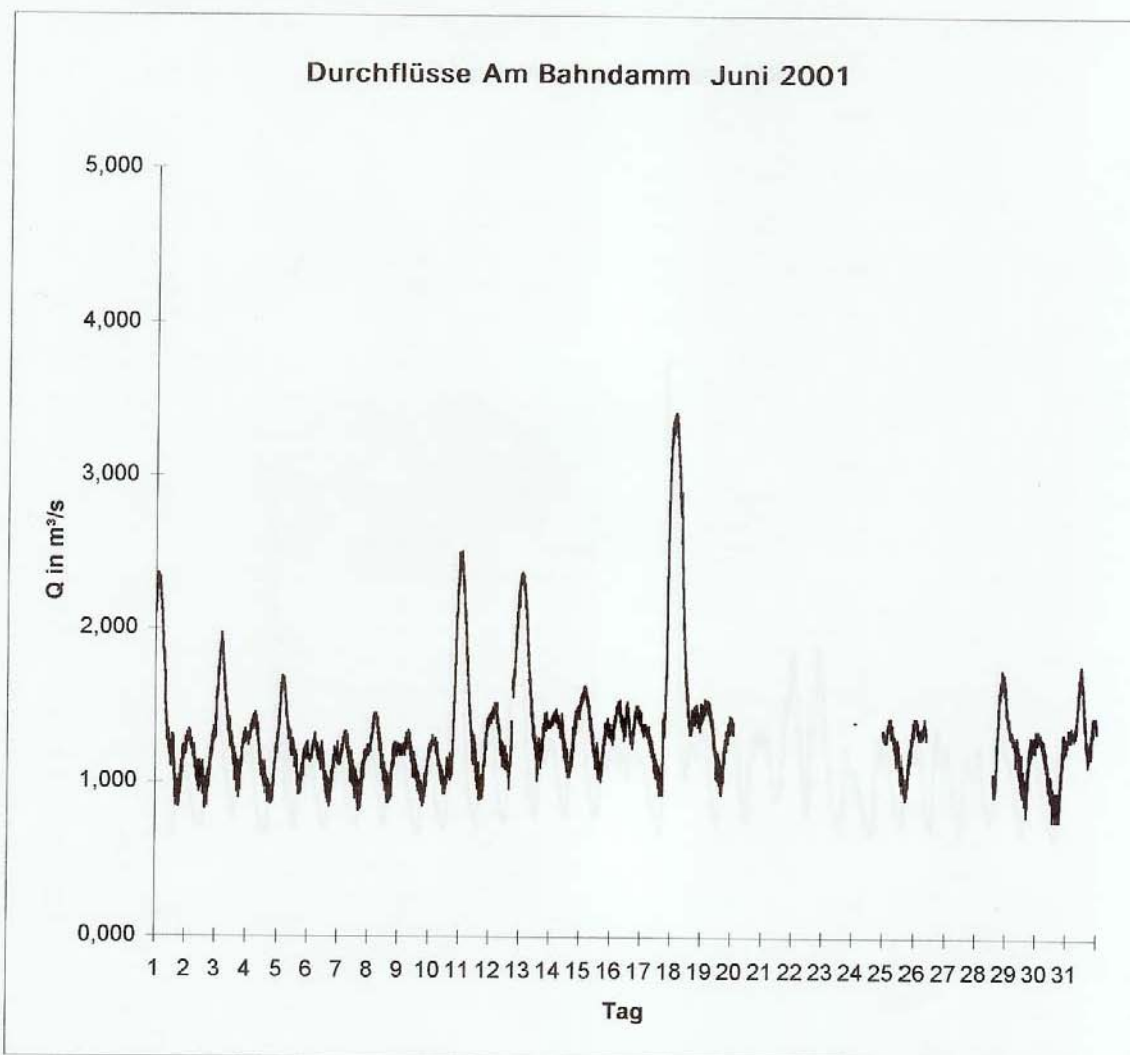
Hydraulische Untersuchungen Wuhle				Monatsliste			Anlage 1.05.4				
Mai 2001				Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg				
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken				Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)				
Mitteleuropäische Sommerzeit : Ncin / Ja											
Wuhletal U/S-Bahn				Zufluß KA Falkenberg							
Tag	Q m³/s	E1 m³/s	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q m³/s	Max Q m³/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	0,894		0,425		1,332		1,013	0,307	1,945	87559,09	
2	0,962		0,540		1,433		1,048	0,185	1,961	90547,03	
3	0,972		0,626		1,332		1,078	0,231	1,767	93158,92	
4	0,907		0,612		1,152		1,038	0,304	1,802	89655,30	
5	1,871		0,727		2,815		1,700	0,263	2,869	146872,64	
6	1,392		0,900		2,023		1,525	0,334	2,553	131760,31	
7	0,944		0,583		1,267		1,022	0,300	1,928	88311,45	
8	0,830		0,605		1,073		0,970	0,196	1,748	83826,95	
9	0,884		0,547		1,224		0,980	0,276	1,851	84665,57	
10	0,813		0,540		1,210		0,953	0,001	1,801	82312,08	
11	0,809		0,583		1,188		0,931	0,420	1,848	80422,99	
12	0,771		0,526		1,202		0,851	0,124	1,725	73532,31	
13							0,879	0,210	2,101	75981,13	
14	keine						0,983	0,250	1,817	84898,40	
15	Daten						1,101	0,232	1,957	95103,59	
16							0,594	0,187	1,567	51361,81	
17							1,030	0,180	2,475	88988,98	
18							0,915	0,178	1,826	79053,36	
19							0,908	0,130	1,926	78413,10	
20							0,888	0,220	1,977	76765,58	
21							0,936	0,133	1,739	80853,77	
22							0,890	0,243	1,897	76924,88	
23							0,854	0,125	1,498	73745,85	
24							0,854	0,203	1,591	73796,33	
25							0,803	0,280	1,614	69382,48	
26							0,783	0,110	1,517	67690,95	
27							0,944	0,204	1,818	81600,18	
28							1,125	0,240	2,328	97218,18	
29							0,956	0,044	2,068	82604,11	
30							0,839	0,228	1,519	72513,06	
31							1,410	0,209	2,896	121797,48	
							Min Q Max Q				
Summe									2661317,9		
Mittel							0,994	0,001	2,869	85848,96	

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.06.2
Juni 2001	Q	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm
	m ³ /s	Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken		Gewässer : Wuhle
1 Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten		Betreiber : Senatsverwaltung Berlin
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		



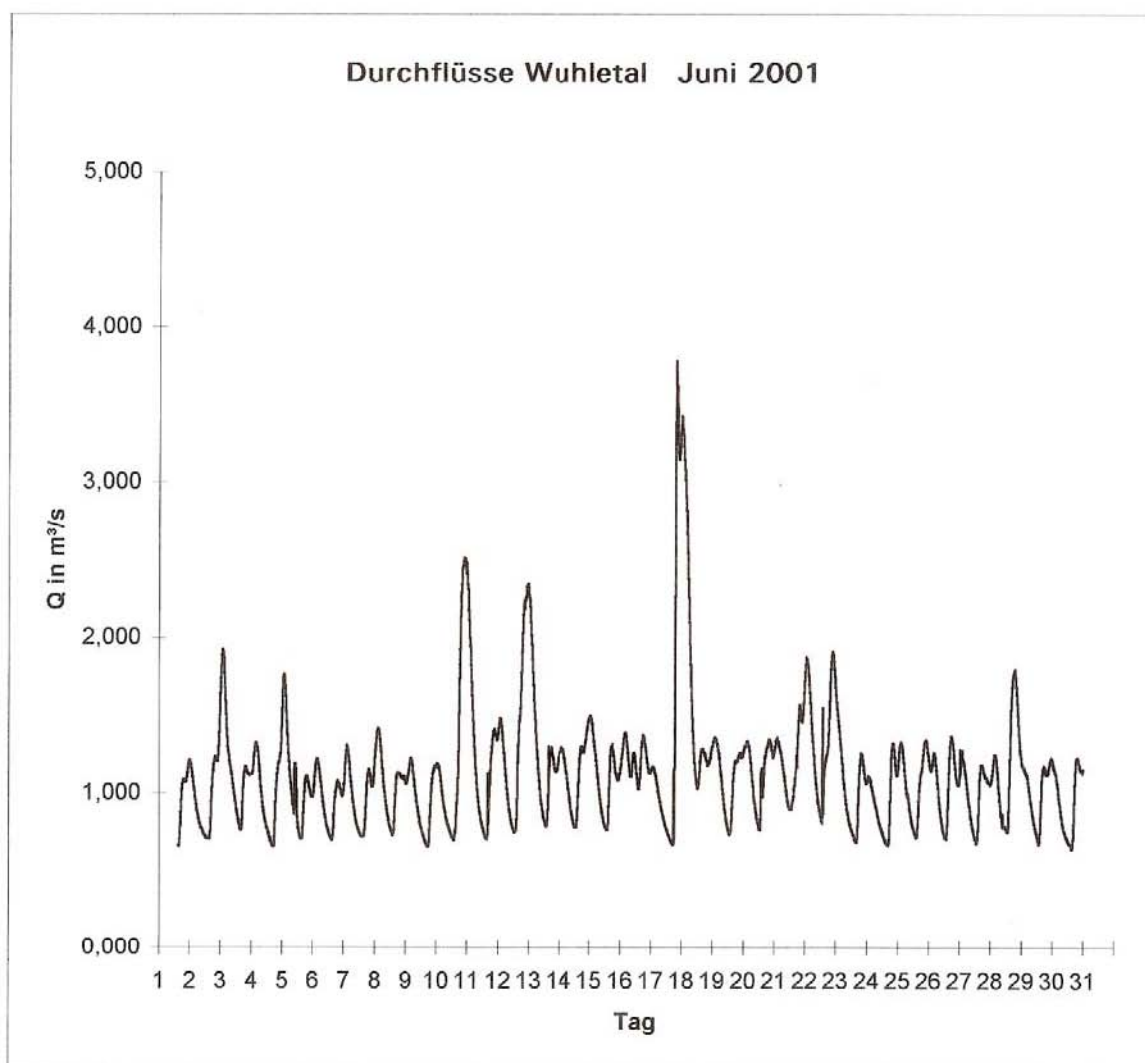
Gegenüberstellung		Am Bahndamm			Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	30. Jun	13:20	0,76	30. Jun	15:05	0,641
	NQ2	29. Jun	16:35	0,79	01. Jun	15:25	0,655
Extrem- werte	HQ1	18. Jun	02:40	3,42	17. Jun	19:45	3,780
	HQ2	17. Jun	23:55	3,300	18. Jun	00:10	3,427
	HQ3	18. Jun	00:10	3,300	17. Jun	20:45	3,384

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.06.2
Juni 2001	Q	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm
	m ³ /s	Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken		Gewässer : Wuhle
1 Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten		Betreiber : Senatsverwaltung Berlin
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		



Gegenüberstellung		Am Bahndamm			Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	30. Jun	13:20	0,76	30. Jun	15:05	0,641
	NQ2	29. Jun	16:35	0,79	01. Jun	15:25	0,655
Extrem- werte	HQ1	18. Jun	02:40	3,42	17. Jun	19:45	3,780
	HQ2	17. Jun	23:55	3,300	18. Jun	00:10	3,427
	HQ3	18. Jun	00:10	3,300	17. Jun	20:45	3,384

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.06.3
Juni 2001	Q	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm
	m ³ /s	Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken		Gewässer : Wuhle
Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten		Betreiber : Senatsverwaltung Berlin
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		



Gegenüberstellung Am Bahndamm

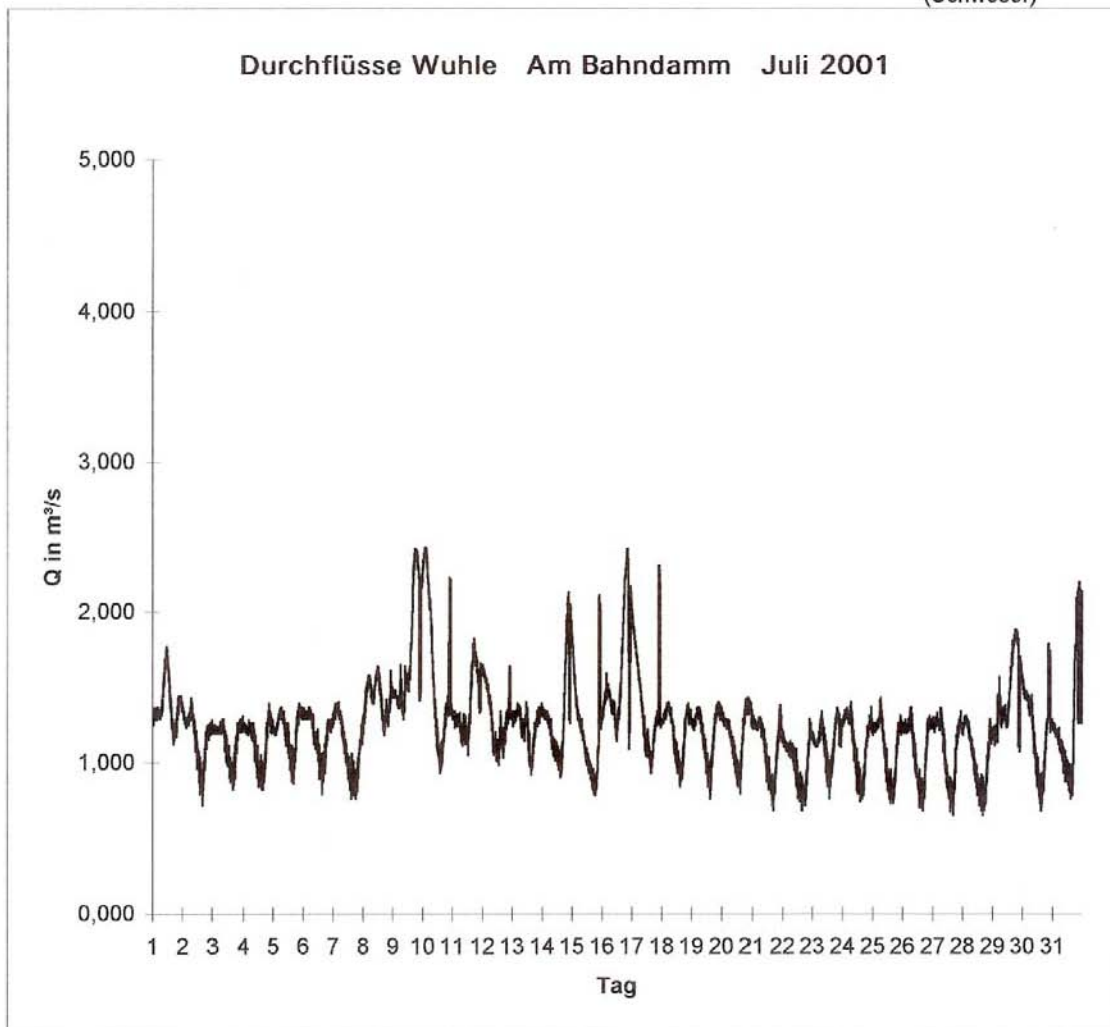
Wuhletal

		Tag	Uhrzeit	Q m ³ /s	Tag	Uhrzeit	Q m ³ /s
Haupt- oder	NQ1	30. Jun	13:20	0,76	30. Jun	15:05	0,641
	NQ2	29. Jun	16:35	0,79	01. Jun	15:25	0,655
Extrem- werte	HQ1	18. Jun	02:40	3,42	17. Jun	19:45	3,780
	HQ2	17. Jun	23:55	3,300	18. Jun	00:10	3,427
	HQ3	18. Jun	00:10	3,300	17. Jun	20:45	3,384

Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste			Anlage 1.06.4		
Juni 2001						Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg		
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Wuhle Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)		
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja											
Wuhletal S-Bahn Straußberg						Zufluß KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	1,013		0,655	Oft : 2	1,210	23:55	0,969	0,159	1,817	83710	
2	0,973		0,706	Oft : 8	1,613	23:55	1,226	0,137	2,525	105909	
3	1,189		0,763	Oft : 4	1,922	Oft : 3	1,077	0,133	2,020	93069	
4	1,004		0,655	Oft : 5	1,469	23:55	1,115	0,077	2,587	96307	
5	1,098		0,706	Oft : 7	1,764	Oft : 2	0,977	0,012	2,047	84370	
6	0,963		0,698	14:45	1,217	Oft : 3	1,026	0,129	1,845	88652	
7	0,983		0,720	Oft : 10	1,310	02:40	1,066	0,270	2,078	92137	
8	1,063		0,727	14:05	1,418	Oft : 2	1,008	0,154	1,837	87115	
9	0,954		0,655	Oft : 6	1,224	04:35	0,967	0,057	1,761	83517	
10	1,277		0,698	Oft : 3	2,513	Oft : 4	1,391	0,001	2,727	120160	
11	1,240		0,706	Oft : 4	2,426	00:05	1,088	0,114	1,908	93997	
12	1,373		0,749	Oft : 3	2,347	23:25	1,512	0,161	2,758	130606	
13	1,264		0,785	Oft : 6	2,318	00:00	1,121	0,133	1,829	96835	
14	1,134		0,778	Oft : 12	1,476	Oft : 2	1,180	0,273	1,902	101989	
15	1,112		0,763	Oft : 4	1,498	Oft : 2	1,165	0,323	2,000	100656	
16	1,218		1,022	14:30	1,390	Oft : 4	0,830	0,500	1,365	71678	
17	1,427		0,670	Oft : 3	3,780	19:45	1,394	0,252	3,273	120414	
18	1,681		1,030	12:25	3,427	00:10	1,279	0,477	2,614	110483	
19	1,102		0,734	Oft : 4	1,361	Oft : 3	1,111	0,245	1,832	95983	
20	1,146		0,763	Oft : 2	1,346	Oft : 5	1,110	0,351	2,071	95875	
21	1,220		0,893	Oft : 5	1,750	23:55	1,325	0,506	2,815	114444	
22	1,383		0,806	13:10	1,908	21:20	1,291	0,163	2,738	111506	
23	1,047		0,684	Oft : 2	1,649	00:00	0,924	0,206	1,939	79801	
24	0,950		0,662	16:30	1,325	Oft : 3	1,043	0,249	1,973	90118	
25	1,065		0,713	Oft : 2	1,346	Oft : 2	1,107	0,326	2,036	95657	
26	1,063		0,706	13:35	1,368	Oft : 2	1,150	0,339	1,927	99365	
27	1,006		0,677	Oft : 3	1,282	00:20	1,125	0,358	1,873	97165	
28	1,190		0,749	Oft : 4	1,793	Oft : 3	0,989	0,339	1,957	85476	
29	1,015		0,670	13:35	1,246	Oft : 28	1,078	0,150	1,915	93175	
30	0,947		0,641	Oft : 4	1,224	Oft : 5	1,033	0,125	1,997	89213	
hm³/Mo	2,946						Min Q		Max Q		
Summe	34,10									2909383	
Mittel	1,137						1,122	0,224	2,132	96979,4	
Gegenüberstellung Am Bahndamm						Wuhletal					
Haupt- oder	NQ1	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s				
	NQ2	30. Jun	13:20	0,76	30. Jun	15:05	0,641				
Extrem- werte	HQ1	29. Jun	16:35	0,79	01. Jun	15:25	0,655				
	HQ2	18. Jun	02:40	3,42	17. Jun	19:45	3,780				
	HQ3	17. Jun	23:55	3,300	18. Jun	00:10	3,427				
		18. Jun	00:10	3,300	17. Jun	20:45	3,384				

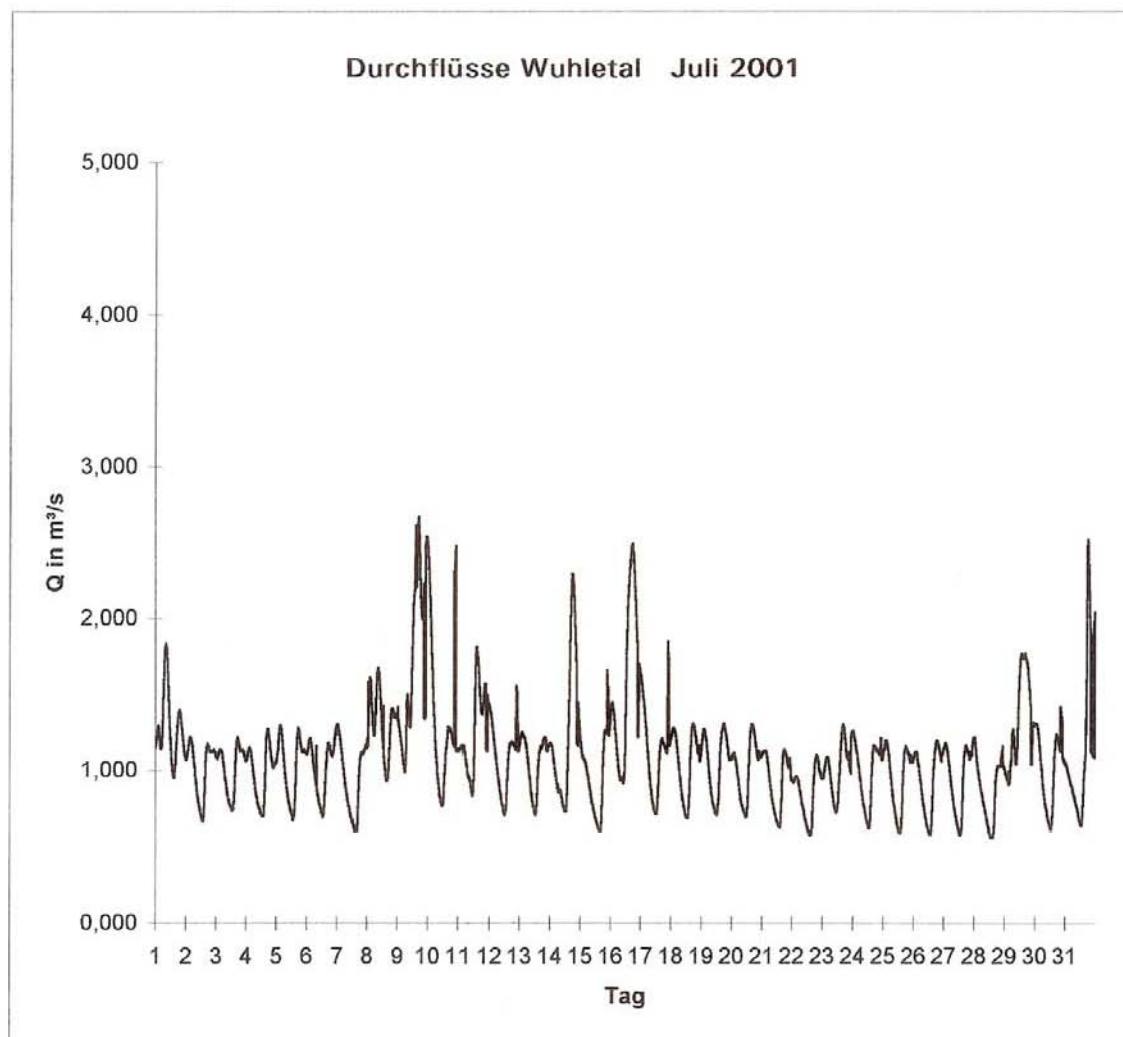
Hydraulische Untersuchungen Wuhle							Monatsliste				Anlage 1.07.1				
Juli 2001							Q m³/s				Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg				
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken							Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten				Gewässer : Wuhle				
Mittleuropäische Sommerzeit : Nein / Ja							Meßstellen-Nr. :				Betreiber : Senatsverwaltung Berlin				
Am Bahndamm							Wuhletal U/S-Bahn KA Falkenberg								
Tag	Q Kö m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P Marz. mm	Bemerkungen			
1	1,387	*	1,120	17:00	1,770	11:15	1,292	0,095	1,434	-0,047		DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF			
2	1,169		0,710	16:35	1,430	07:20	1,014	0,156	1,096	0,074					
3	1,140		0,820	16:00	1,310	23:50	1,015	0,125	1,125	0,015					
4	1,128		0,820	Oft : 2	1,390	20:50	0,989	0,139	1,145	-0,017					
5	1,208		0,860	16:35	1,390	21:15	1,032	0,176	1,134	0,074					
6	1,186		0,790	15:40	1,370	Oft : 5	1,019	0,167	1,152	0,033					
7	1,109		0,760	Oft : 2	1,400	04:35	0,945	0,164	1,054	0,055	8,1				
8	1,425		1,180	17:20	1,640	12:10	1,322	0,103	1,390	0,036	3,3				
9	1,720		1,290	09:55	2,420	Oft : 2	1,704	0,016	1,762	-0,043	7,5				
10	1,617		0,930	15:30	2,430	Oft : 4	1,355	0,262	1,116	0,501	0,3				
11	1,386		1,050	13:45	1,820	18:40	1,257	0,129	1,343	0,043	1,5				
12	1,304		0,980	Oft : 2	1,650	01:35	1,086	0,218	1,124	0,180	0,7				
13	1,241		0,920	16:30	1,400	12:40	1,062	0,179	1,135	0,106	1,1				
14	1,317		0,900	16:05	2,130	22:40	1,248	0,069	1,307	0,010	1,6				
15	1,208		0,780	19:40	2,110	22:55	0,969	0,238	1,105	0,102	0,9				
16	1,591		1,090	22:50	2,420	Oft : 2	1,574	0,018	0,791	0,800	4,8				
17	1,408		0,930	Oft : 2	2,310	Oft : 3	1,136	0,272	1,117	0,292					
18	1,203		0,840	15:55	1,400	06:40	1,055	0,149	1,153	0,050					
19	1,196		0,760	15:55	1,400	22:40	1,053	0,143	1,145	0,051					
20	1,182		0,790	16:10	1,430	22:05	1,016	0,166	1,024	0,158					
21	1,101		0,680	18:00	1,380	Oft : 2	0,936	0,165	0,965	0,137					
22	1,001		0,680	Oft : 2	1,290	22:50	0,851	0,149	1,204	-0,204					
23	1,136		0,760	14:30	1,360	20:45	1,020	0,116	1,071	0,065					
24	1,125		0,740	15:30	1,400	07:40	0,984	0,140	1,093	0,032					
25	1,099		0,730	Oft : 2	1,430	07:30	0,955	0,144	1,086	0,013					
26	1,092		0,680	17:20	1,370	08:05	0,938	0,154	1,100	-0,008					
27	1,094		0,650	17:50	1,360	Oft : 2	0,951	0,143	0,986	0,109					
28	1,028		0,650	17:20	1,310	Oft : 2	0,870	0,157	1,382	-0,355	6,2				
29	1,443		1,070	23:25	1,880	Oft : 2	1,328	0,115	1,118	0,326	0,6				
30	1,218		0,680	16:35	1,790	22:45	1,021	0,197	1,087	0,131					
31	1,256		0,760	16:25	2,200	Oft : 2	1,150	0,106	1,727	-0,471	10,9				
hm³	3,345						2,950	0,395							
Summe	38,72						34,15	4,573			47,50				
Mittel	1,249						1,102	0,148	1,177	0,072					
Gegenüberstellung Am Bahndamm							Wuhletal U/S-Bahn								
Haupt- oder	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s									
	NQ1	27. Jul 17:50	0,65	28. Jul 14:50	0,562										
	NQ2	28. Jul 17:20	0,65	22. Jul 15:50	0,576										
Extrem- werte	HQ1	10. Jul 03:35	2,43	9. Jul 18:15	2,671										
	HQ2	9. Jul 19:00	2,42	10. Jul 00:30	2,542										
	HQ3	10. Jul 03:05	2,42	9. Jul 17:50	2,534										

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.07.2
Juli 2001	Q m³/s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten	Gewässer : Wuhle
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)



Gegenüberstellung Am Bahndamm				Wuhletal U/S-Bahn		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	27. Jul 17:50	0,65	28. Jul 14:50	0,562	
	NQ2	28. Jul 17:20	0,65	22. Jul 15:50	0,576	
Extrem- werte	HQ1	10. Jul 03:35	2,43	9. Jul 18:15	2,671	
	HQ2	9. Jul 19:00	2,42	10. Jul 00:30	2,542	
	HQ3	10. Jul 03:05	2,42	9. Jul 17:50	2,534	

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.07.3
Juli 2001	Q m³/s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer : Wuhle
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)



Gegenüberstellung Am Bahndamm				Wuhletal U/S-Bahn		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	27. Jul 17:50	0,65	28. Jul	14:50	0,562
	NQ2	28. Jul 17:20	0,65	22. Jul	15:50	0,576
Extrem- werte	HQ1	10. Jul 03:35	2,43	9. Jul	18:15	2,671
	HQ2	9. Jul 19:00	2,42	10. Jul	00:30	2,542
	HQ3	10. Jul 03:05	2,42	9. Jul	17:50	2,534

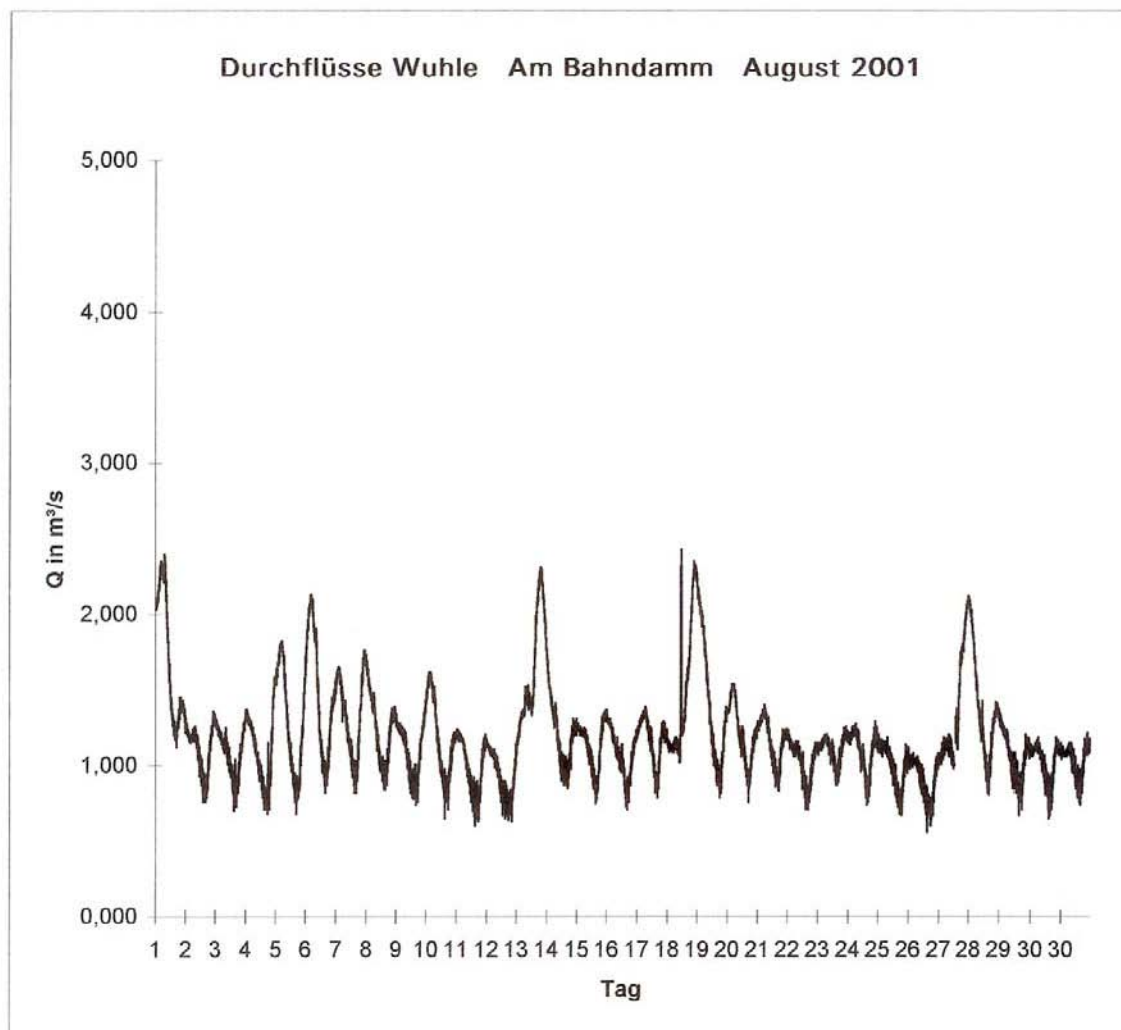
Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste			Anlage 1.07.4		
Juli 2001						Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg		
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)		
Mitteleuropäische Sommerzeit :						Nein / Ja					
Wuhletal S-Bahn Straußberg						Zufluß KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	1,292	*	0,950	Oft : 4	1,836	08:25	1,434	0,436	2,660	123888	
2	1,014		0,662	Oft : 2	1,217	Oft : 3	1,096	0,168	1,904	94673	
3	1,015		0,734	Oft : 2	1,217	17:15	1,125	0,262	2,014	97189	
4	0,989		0,698	Oft : 5	1,274	Oft : 4	1,145	0,387	2,019	98930	
5	1,032		0,670	13:20	1,296	Oft : 4	1,134	0,279	1,977	97959	
6	1,019		0,691	13:05	1,282	Oft : 3	1,152	0,209	1,971	99571	
7	0,945		0,605	Oft : 17	1,303	Oft : 2	1,054	0,245	2,051	91067	
8	1,322		0,929	Oft : 2	1,670	Oft : 2	1,390	0,390	2,411	120090	
9	1,704		0,986	07:30	2,671	18:15	1,762	0,253	2,791	152275	
10	1,355		0,770	Oft : 5	2,520	01:15	1,116	0,149	1,972	96448	
11	1,257		0,835	12:00	1,814	15:40	1,343	0,277	2,687	116072	
12	1,086		0,706	13:45	1,555	Oft : 2	1,124	0,230	1,824	97107	
13	1,062		0,706	13:50	1,253	Oft : 2	1,135	0,000	1,919	98083	
14	1,248		0,727	Oft : 8	2,297	Oft : 3	1,307	0,389	3,085	112949	
15	0,969		0,605	Oft : 6	1,656	22:45	1,105	0,274	2,092	95486	
16	1,574		0,914	Oft : 2	2,491	19:05	0,791	0,310	1,401	68385	
17	1,136		0,713	Oft : 5	1,850	22:45	1,117	0,297	2,068	96466	
18	1,055		0,684	Oft : 3	1,310	19:10	1,153	0,196	2,008	99631	
19	1,053		0,706	13:25	1,310	Oft : 2	1,145	0,346	1,917	98911	
20	1,016		0,691	12:50	1,303	Oft : 2	1,024	0,353	1,874	88481	
21	0,936		0,626	Oft : 5	1,138	Oft : 3	0,965	0,234	1,776	83339	
22	0,851		0,576	Oft : 3	1,102	21:00	1,204	0,351	1,990	104040	
23	1,020		0,720	Oft : 3	1,303	17:40	1,071	0,375	2,004	92519	
24	0,984		0,619	Oft : 3	1,260	Oft : 3	1,093	0,318	1,861	94428	
25	0,955		0,590	Oft : 2	1,195	Oft : 4	1,086	0,329	1,832	93841	
26	0,938		0,583	Oft : 8	1,195	Oft : 2	1,100	0,201	1,921	95056	
27	0,951		0,576	14:15	1,210	Oft : 2	0,986	0,172	1,772	85151	
28	0,870		0,562	Oft : 5	1,217	01:40	1,382	0,302	2,504	119444	
29	1,328		0,907	04:40	1,771	17:45	1,118	0,357	1,852	96555	
30	1,021		0,612	14:25	1,418	22:15	1,087	0,348	2,608	93916	
31	1,150		0,634	Oft : 2	2,520	20:05	1,727	0,209	2,896	149196	
hm³/Mo	2,950						Min Q		Max Q		
Summe	34,15									3151147	
Mittel	1,102						1,177	0,279	2,118	101650	

Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal U/S-Bahn		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s		Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	27. Jul	17:50	0,65	28. Jul	14:50	0,562
	NQ2	28. Jul	17:20	0,65	22. Jul	15:50	0,576
Extrem- werte	HQ1	10. Jul	03:35	2,43	9. Jul	18:15	2,671
	HQ2	9. Jul	19:00	2,42	10. Jul	00:30	2,542
	HQ3	10. Jul	03:05	2,42	9. Jul	17:50	2,534

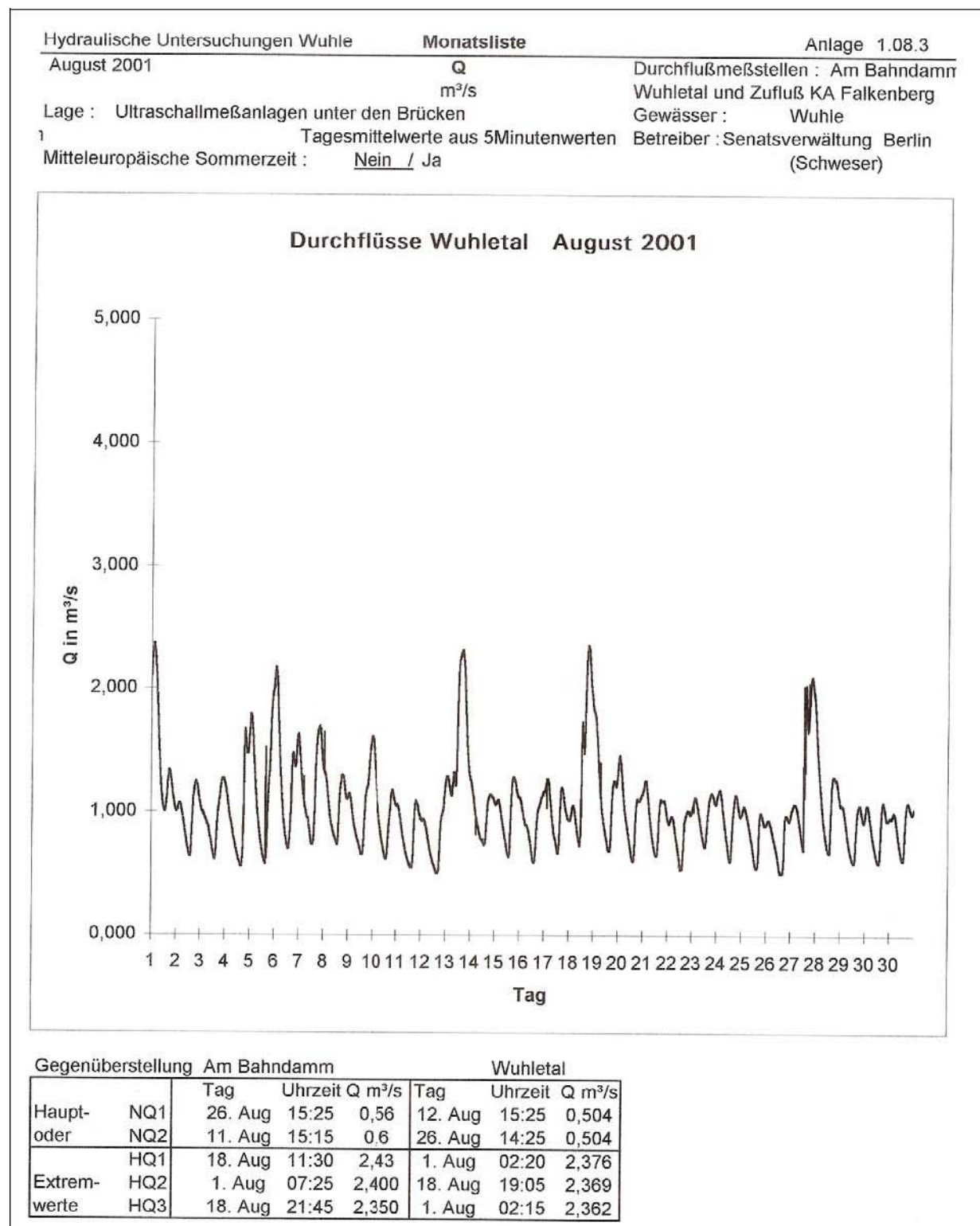
Hydraulische Untersuchungen Wuhle							Monatsliste				Anlage 1.08.1			
August 2001							Q m³/s		Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg					
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken							Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten		Gewässer : Wuhle					
Mittteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja									Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin					
Am Bahndamm							Wuhletal U/S-Bahn KA Falkenberg							
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P mm	Marz.	Bemerkungen	
1	1,716		1,120	17:05	2,400	07:25	1,484	0,232	1,258	0,458			DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF	
2	1,113		0,760	Oft : 2	1,360	22:40	0,970	0,142	1,036	0,077				
3	1,085		0,700	15:25	1,340	00:00	0,944	0,141	1,078	0,007	0,2			
4	1,094		0,680	17:50	1,590	Oft : 2	0,983	0,110	1,165	-0,071	3,5			
5	1,293		0,680	16:50	1,820	05:25	1,210	0,083	1,308	-0,016	3,1			
6	1,479		0,820	16:05	2,130	04:40	1,327	0,152	1,174	0,305	3,4			
7	1,321		0,820	Oft : 2	1,760	Oft : 2	1,208	0,112	1,209	0,111	1,5			
8	1,249		0,840	Oft : 2	1,730	Oft : 2	1,072	0,178	1,049	0,201	1,7			
9	1,101		0,740	16:30	1,430	23:55	1,005	0,097	1,200	-0,098	0,5			
10	1,187		0,650	15:25	1,620	03:15	1,015	0,172	0,989	0,199				
11	0,997		0,600	15:15	1,240	Oft : 2	0,839	0,158	0,935	0,062	0,5			
12	0,929		0,630	20:45	1,180	Oft : 2	0,778	0,151	0,971	-0,042	6,5			
13	1,637		1,070	00:10	2,310	19:50	1,605	0,031	1,530	0,107	3,2			
14	1,220		0,850	17:20	1,830	00:00	0,993	0,227	1,033	0,188				
15	1,128		0,750	15:20	1,370	23:50	1,000	0,127	0,993	0,135				
16	1,078		0,710	16:30	1,370	00:20	0,915	0,163	0,938	0,140	0,1			
17	1,177		0,790	16:30	1,390	06:50	1,012	0,164	1,078	0,099	0,9			
18	1,481		1,020	10:20	2,430	11:30	1,414	0,066	1,433	0,048	13,9			
19	1,419		0,790	18:20	2,250	00:00	1,165	0,255	1,092	0,328	1,0			
20	1,217		0,760	17:05	1,540	Oft : 3	1,012	0,206	1,088	0,130				
21	1,162		0,830	17:10	1,400	05:50	0,984	0,177	1,028	0,133				
22	1,030		0,710	Oft : 3	1,230	Oft : 4	0,851	0,179	1,030	0,000				
23	1,106		0,870	Oft : 2	1,260	22:40	0,994	0,112	1,020	0,086				
24	1,101		0,740	15:25	1,290	22:05	0,964	0,137	1,038	0,063				
25	0,997		0,670	18:35	1,210	00:30	0,853	0,144	0,933	0,064				
26	0,910		0,560	15:25	1,120	00:20	0,786	0,125	0,935	-0,025				
27	1,359		0,980	12:30	2,120	23:45	1,367	-0,008	1,535	-0,176	10,3			
28	1,390		0,810	16:20	2,120	00:20	1,130	0,260	0,998	0,392				
29	1,075		0,670	15:30	1,370	00:15	0,878	0,198	0,966	0,109				
30	1,021		0,650	15:05	1,190	Oft : 2	0,877	0,145	0,985	0,036				
31	1,037		0,740	16:05	1,220	21:40	0,902	0,134	1,000	0,037				
hm³	3,206						2,811	0,395						
Summe	37,11						32,54	4,569			50,3			
Mittel	1,197						1,050	0,147	1,097	0,099				

Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s		Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt-oder	NQ1	26. Aug 15:25	0,56		12. Aug 15:25		0,504
	NQ2	11. Aug 15:15	0,6		26. Aug 14:25		0,504
Extrem-werte	HQ1	18. Aug 11:30	2,43		1. Aug 02:20		2,376
	HQ2	1. Aug 07:25	2,400		18. Aug 19:05		2,369
	HQ3	18. Aug 21:45	2,350		1. Aug 02:15		2,362

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.08.2
August 2001	Q m³/s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer : Wuhle Meßstellen-Nr. :
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Betreiber Senatsverwaltung Berlin



Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	26. Aug	15:25	0,56	12. Aug	15:25	0,504
	NQ2	11. Aug	15:15	0,6	26. Aug	14:25	0,504
Extrem- werte	HQ1	18. Aug	11:30	2,43	1. Aug	02:20	2,376
	HQ2	1. Aug	07:25	2,400	18. Aug	19:05	2,369
	HQ3	18. Aug	21:45	2,350	1. Aug	02:15	2,362



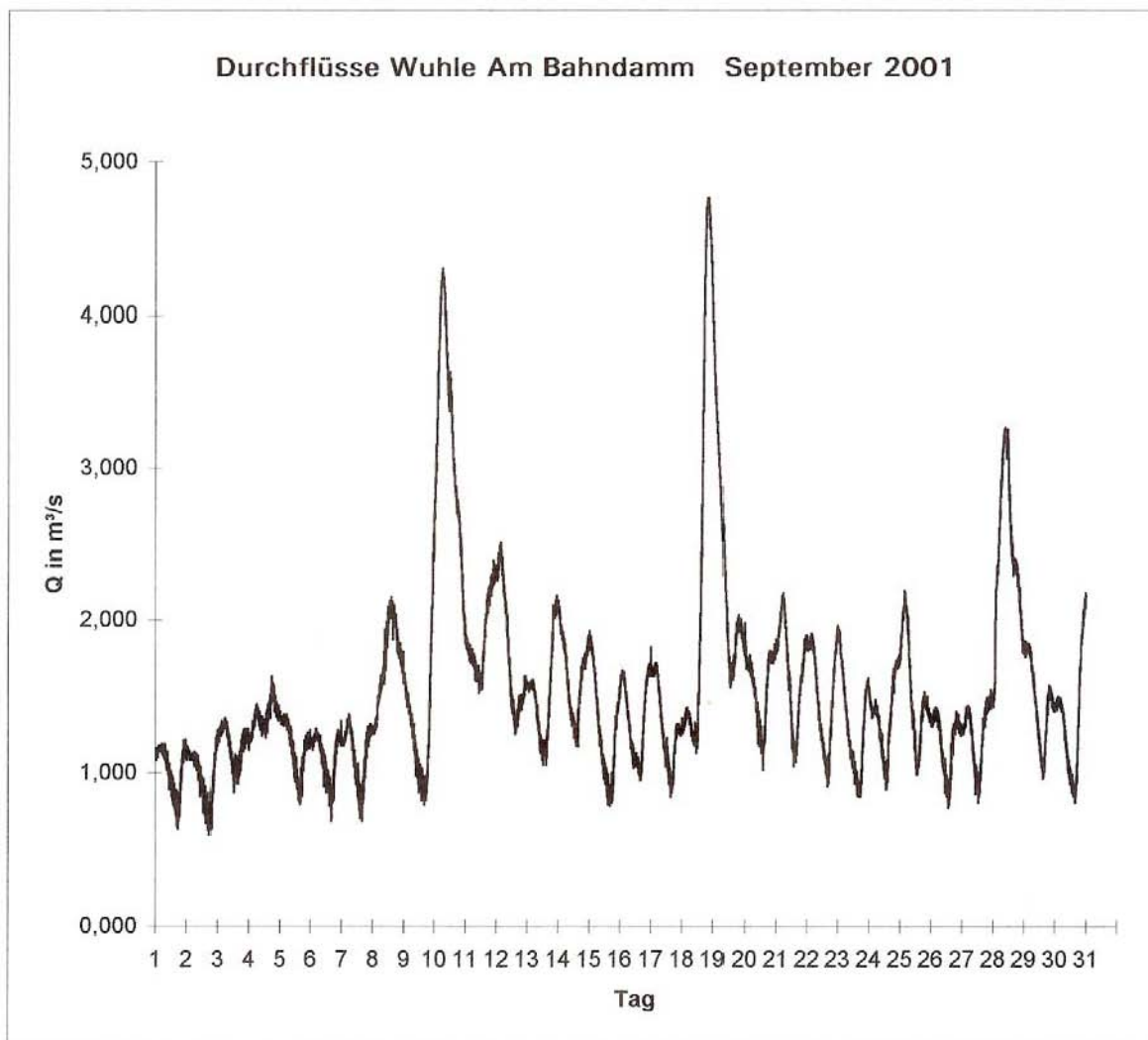
Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste			Anlage 1.08.4		
August 2001						Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg		
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)		
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja						Zufluß KA Falkenberg					
Wuhletal S-Bahn Straußberg											
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	1,484		1,001	13:30	2,376	Oft : 3	1,26	0,44	2,31	108664	
2	0,970		0,634	14:10	1,246	Oft : 2	1,04	0,24	1,81	89528	
3	0,944		0,612	14:00	1,274	Oft : 6	1,08	0,22	1,89	93158	
4	0,983		0,554	Oft : 2	1,678	20:05	1,16	0,13	2,36	100636	
5	1,210		0,576	Oft : 2	2,002	23:55	1,31	0,24	2,56	113054	
6	1,327		0,698	13:50	2,174	01:55	1,17	0,23	2,59	101469	
7	1,208		0,734	Oft : 7	1,699	20:40	1,21	0,21	2,22	104483	
8	1,072		0,734	Oft : 3	1,649	01:00	1,05	0,22	2,24	90616	
9	1,005		0,655	Oft : 4	1,598	23:45	1,20	0,31	2,18	103662	
10	1,015		0,619	Oft : 3	1,613	Oft : 2	0,99	0,23	1,94	85416	
11	0,839		0,547	Oft : 4	1,094	Oft : 2	0,93	0,15	1,98	80748	
12	0,778		0,504	Oft : 14	1,181	Oft : 2	0,97	0,15	1,98	83887	
13	1,605		1,130	06:25	2,326	16:55	1,53	0,20	2,97	132166	
14	0,993		0,734	13:45	1,296	Oft : 3	1,03	0,38	1,95	89221	
15	1,000		0,634	13:55	1,289	Oft : 2	0,99	0,28	1,69	85771	
16	0,915		0,590	14:15	1,166	Oft : 2	0,94	0,33	1,15	81020	
17	1,012		0,670	Oft : 2	1,274	Oft : 8	1,08	0,28	2,09	93133	
18	1,414		0,727	10:40	2,369	19:05	1,43	0,36	2,74	123807	
19	1,165		0,691	Oft : 13	1,879	00:00	1,09	0,29	2,04	94313	
20	1,012		0,605	Oft : 5	1,462	02:00	1,09	0,14	1,89	93995	
21	0,984		0,648	Oft : 2	1,260	Oft : 2	1,03	0,33	1,89	88843	
22	0,851		0,533	13:00	1,022	Oft : 4	1,03	0,33	1,79	88971	
23	0,994		0,720	Oft : 4	1,159	Oft : 2	1,02	0,27	1,63	88104	
24	0,964		0,605	Oft : 7	1,188	Oft : 2	1,04	0,35	1,77	89646	
25	0,853		0,547	14:45	1,058	02:40	0,93	0,23	1,74	80599	
26	0,786		0,504	Oft : 9	0,979	Oft : 4	0,94	0,21	1,83	80794	
27	1,367		0,698	Oft : 3	2,102	Oft : 6	1,53	0,34	2,92	132620	
28	1,130		0,670	Oft : 4	1,915	00:00	1,00	0,30	2,04	86221	
29	0,878		0,590	Oft : 6	1,094	00:00	0,97	0,28	2,00	83455	
30	0,877		0,590	Oft : 2	1,087	Oft : 5	0,99	0,42	1,77	85116	
31	0,902		0,612	13:10	1,087	18:30	1,00	0,37	1,81	86403	
hm³	2,81						Min Q		Max Q		
Summe	32,54									2939523	
Mittel	1,050						1,097	0,273	2,057	94823,3	

Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s		Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt-oder	NQ1	26. Aug	15:25	0,56	12. Aug	15:25	0,504
	NQ2	11. Aug	15:15	0,6	26. Aug	14:25	0,504
Extrem-werte	HQ1	18. Aug	11:30	2,43	1. Aug	02:20	2,376
	HQ2	1. Aug	07:25	2,400	18. Aug	19:05	2,369
	HQ3	18. Aug	21:45	2,350	1. Aug	02:15	2,362

Hydraulische Untersuchungen Wuhle							Monatsliste				Anlage 1.09.1			
September 2001							Q m³/s		Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg					
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken							Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten		Gewässer : Wuhle					
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja									Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin					
Am Bahndamm							Wuhletal U/S-Bahn KA Falkenberg							
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P mm	Bemerkungen		
1	1,016	*	0,630	18:05	1,220	23:45	0,876	0,141	0,98	0,037		DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF		
2	0,989		0,590	18:25	1,240	23:35	0,860	0,128	1,06	-0,068	1,4			
3	1,180		0,870	12:40	1,360	05:40	1,029	0,151	1,13	0,052	4,0			
4	1,362	*	1,150	00:15	1,630	18:10	1,224	0,138	1,31	0,049	2,0			
5	1,165		0,790	16:05	1,400	Oft : 2	0,961	0,204	1,03	0,137				
6	1,102		0,680	16:20	1,290	Oft : 2	0,933	0,170	0,99	0,108	1,3			
7	1,130		0,680	16:30	1,380	05:55	0,966	0,164	1,13	0,004	8,4			
8	1,733		1,250	Oft : 3	2,150	14:45	1,635	0,098	1,62	0,114	1,1			
9	1,312		0,790	16:25	2,620	23:50	1,238	0,074	1,60	-0,289	26,5			
10	3,216		1,900	23:40	4,300	06:25	2,694	0,522	1,98	1,233	2,8			
11	1,893		1,520	10:55	2,390	22:10	1,700	0,193	1,69	0,199	7,8			
12	1,785		1,250	14:55	2,510	03:45	1,415	0,369	1,16	0,620	1,1			
13	1,524		1,050	Oft : 2	2,160	23:15	1,342	0,181	1,47	0,055	5,8			
14	1,636		1,170	15:25	2,130	00:15	1,383	0,254	1,24	0,400	2,2			
15	1,286		0,780	16:20	1,930	00:35	1,031	0,255	1,05	0,235	0,9			
16	1,351		0,950	Oft : 2	1,710	Oft : 2	1,137	0,214	0,42	0,932	6,0			
17	1,310		0,840	15:25	1,820	00:00	1,033	0,277	1,06	0,246				
18	2,394		1,130	11:30	4,760	Oft : 4	2,233	0,160	2,01	0,381	27,8			
19	2,336		1,560	12:40	4,090	00:00	1,759	0,577	1,20	1,139				
20	1,559		1,020	14:05	1,980	00:00	1,303	0,256	1,40	0,159	2,5			
21	1,666		1,040	13:55	2,180	05:50	1,410	0,256	1,29	0,380	3,6			
22	1,502		0,910	16:00	1,940	23:25	1,253	0,249	1,21	0,288	1,6			
23	1,313		0,840	17:10	1,960	00:05	0,999	0,314	1,08	0,236				
24	1,376		0,890	Oft : 2	1,770	23:55	1,177	0,199	1,35	0,022	4,3			
25	1,531		0,990	Oft : 2	2,190	03:30	1,229	0,302	1,06	0,468				
26	1,203		0,770	13:40	1,430	03:40	0,970	0,233	1,07	0,136				
27	1,259		0,800	12:55	1,540	22:30	1,082	0,178	1,10	0,155	17,9			
28	2,460		1,430	00:30	3,260	09:25	2,083	0,377	1,86	0,599				
29	1,480		0,960	14:55	1,870	Oft : 288	1,165	0,316	1,06	0,420				
30	1,337		0,800	15:50	2,140	23:20	1,176	0,161	1,41	-0,074	4,2			
hm³	4,010						3,395	0,614						
Summe	46,41						39,30	7,110			133,20			
Mittel	1,547						1,310	0,237	1,268	0,279				

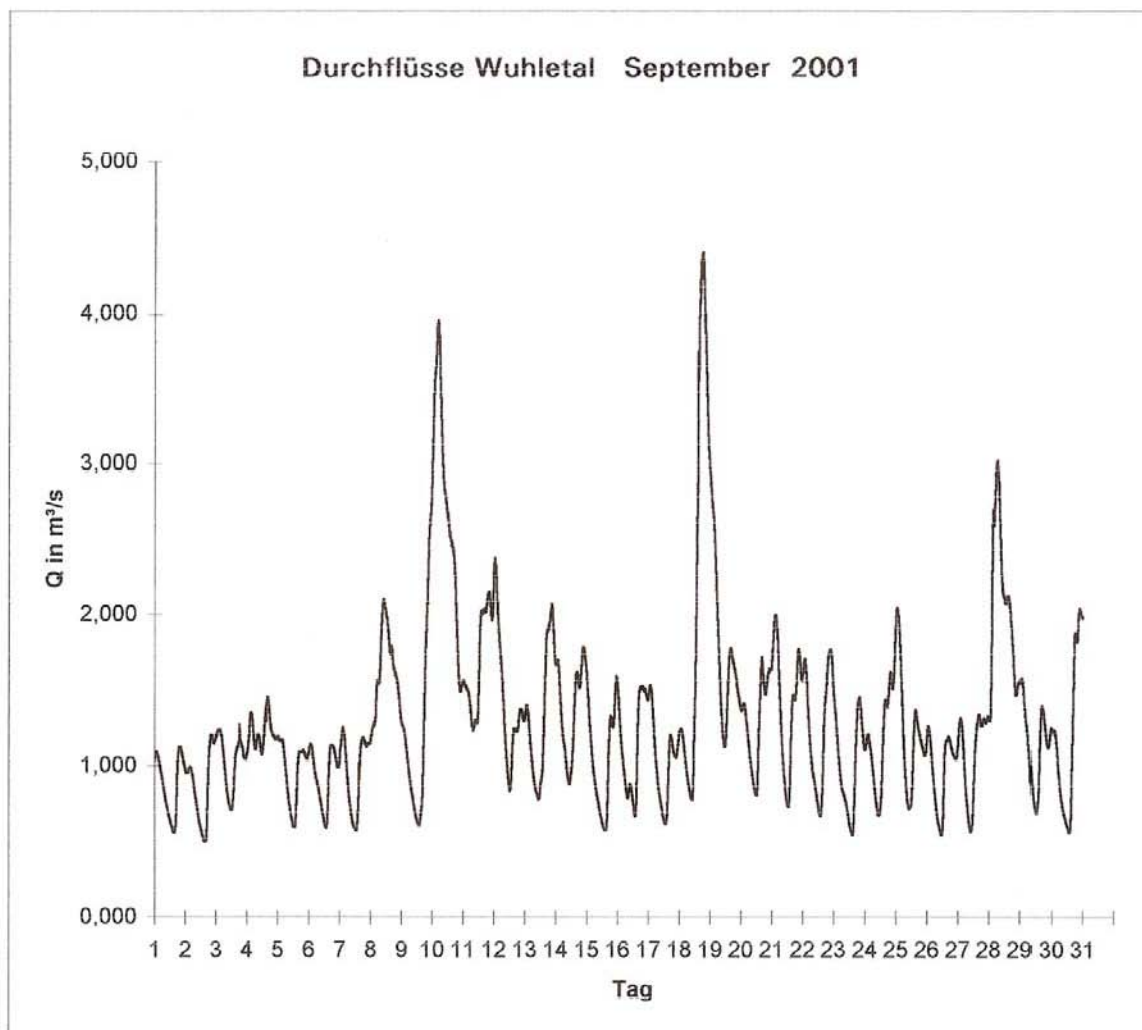
Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal				
Haupt-oder	Tag	Uhrzeit	Q m³/s		Tag	Uhrzeit	Q m³/s		
	NQ1	02. Sep	18:25	0,590	02. Sep	15:05	0,497		
	NQ2	01. Sep	18:05	0,630	23. Sep	14:30	0,540		
	HQ1	18. Sep	19:55	4,760	18. Sep	18:20	4,399		
Extrem-werte	HQ2	10. Sep	06:25	4,300	10. Sep	04:35	3,953		
	HQ3	18. Sep	23:20	4,300	18. Sep	20:05	3,953		

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.09.2
September 2001	Q m ³ /s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer : Wuhle
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin



Gegenüberstellung		Am Bahndamm			Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	02. Sep	18:25	0,590	02. Sep	15:05	0,497
	NQ2	01. Sep	18:05	0,630	23. Sep	14:30	0,540
Extrem- werte	HQ1	18. Sep	19:55	4,760	18. Sep	18:20	4,399
	HQ2	10. Sep	06:25	4,300	10. Sep	04:35	3,953
	HQ3	18. Sep	23:20	4,300	18. Sep	20:05	3,953

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.09.3	2001
September 2001	Q m ³ /s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falk Wuhle	
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten	Gewässer :	
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Betreiber: Senatsverwaltung Berlin (Schweser)	



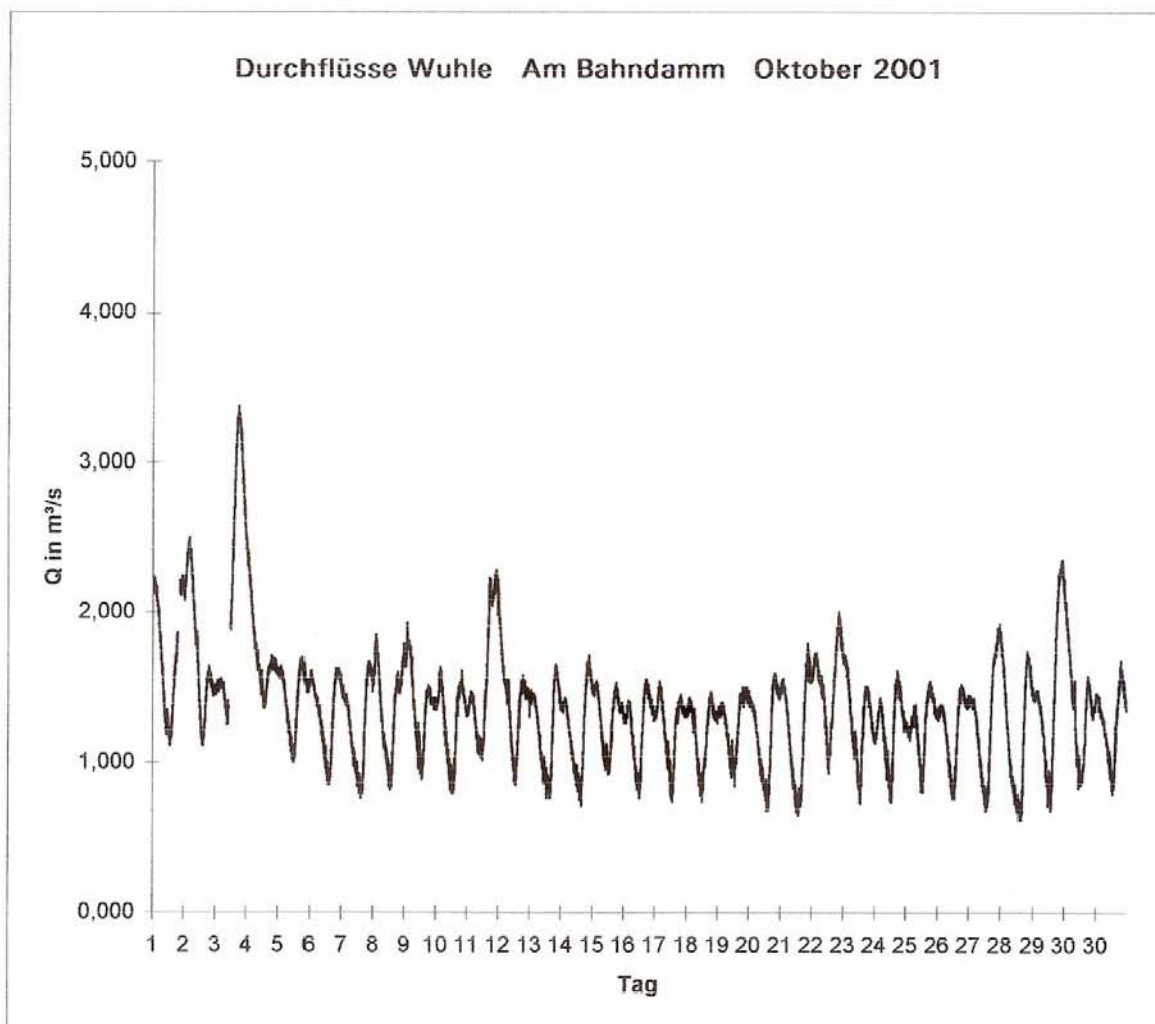
Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	02. Sep	18:25	0,590	02. Sep	15:05	0,497
	NQ2	01. Sep	18:05	0,630	23. Sep	14:30	0,540
Extrem- werte	HQ1	18. Sep	19:55	4,760	18. Sep	18:20	4,399
	HQ2	10. Sep	06:25	4,300	10. Sep	04:35	3,953
	HQ3	18. Sep	23:20	4,300	18. Sep	20:05	3,953

Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste			Anlage 1.09.4		
September 2001						Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg		
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)		
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja											
Wuhletal S-Bahn Straußberg						Zufluß KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	0,876	*	0,554	Oft : 9	1,123	Oft : 7	0,98	0,33	1,84	84585	
2	0,860		0,497	Oft : 9	1,202	Oft : 9	1,06	0,32	2,06	91329	
3	1,029		0,706	Oft : 11	1,274	18:30	1,13	0,26	1,85	97494	
4	1,224	*	1,073	Oft : 3	1,454	Oft : 3	1,31	0,39	2,15	113456	
5	0,961		0,590	Oft : 10	1,195	00:10	1,03	0,31	1,70	88794	
6	0,933		0,583	Oft : 2	1,145	01:40	0,99	0,00	1,90	85942	
7	0,966		0,569	Oft : 7	1,253	02:40	1,13	0,00	1,84	97315	
8	1,635		1,152	00:00	2,102	10:25	1,62	0,53	2,73	139914	
9	1,238		0,605	14:00	2,894	23:55	1,60	0,10	2,88	138286	
10	2,694		1,490	22:00	3,953	04:35	1,98	0,76	2,81	171294	
11	1,700		1,231	07:55	2,218	23:55	1,69	0,24	2,75	146314	
12	1,415		0,835	12:20	2,376	00:55	1,16	0,17	2,18	100616	
13	1,342		0,778	Oft : 2	2,066	21:00	1,47	0,20	2,84	126910	
14	1,383		0,878	Oft : 2	1,786	Oft : 5	1,24	0,36	2,30	106831	
15	1,031		0,569	Oft : 8	1,620	00:00	1,05	0,19	2,30	90855	
16	1,137		0,662	Oft : 4	1,541	00:00	0,42	0,16	0,94	36166	
17	1,033		0,612	Oft : 4	1,534	Oft : 3	1,06	0,26	2,14	91896	
18	2,233		0,778	Oft : 6	4,399	18:20	2,01	0,30	3,02	173861	
19	1,759		1,123	Oft : 8	2,974	00:00	1,20	0,36	1,82	103436	
20	1,303		0,806	Oft : 4	1,714	16:10	1,40	0,25	2,63	120915	
21	1,410		0,727	Oft : 6	1,994	Oft : 2	1,29	0,18	2,39	111124	
22	1,253		0,662	13:30	1,764	Oft : 4	1,21	0,10	2,44	104870	
23	0,999		0,540	Oft : 2	1,469	Oft : 2	1,08	0,15	1,88	93112	
24	1,177		0,670	Oft : 8	1,901	23:55	1,35	0,18	2,57	116936	
25	1,229		0,713	Oft : 2	2,045	01:00	1,06	0,16	1,85	91880	
26	0,970		0,540	Oft : 8	1,260	Oft : 2	1,07	0,16	1,88	92204	
27	1,082		0,562	Oft : 3	1,339	Oft : 5	1,10	0,20	2,00	95427	
28	2,083		1,296	Oft : 5	3,017	06:40	1,86	0,62	2,78	160799	
29	1,165		0,684	12:05	1,577	Oft : 5	1,06	0,27	1,92	91647	
30	1,176		0,554	Oft : 5	2,038	Oft : 4	1,41	0,19	2,52	121863	
31											
hm³/Mo	3,395						Min Q		Max Q		
Summe	39,30									3286073	
Mittel	1,310						1,268	0,257	2,230	109536	
Gegenüberstellung Am Bahndamm						Wuhletal					
Haupt- oder	NQ1	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s				
	NQ2	02. Sep	18:25	0,590	02. Sep	15:05	0,497				
Extrem- werte	HQ1	01. Sep	18:05	0,630	23. Sep	14:30	0,540				
	HQ2	18. Sep	19:55	4,760	18. Sep	18:20	4,399				
	HQ3	10. Sep	06:25	4,300	10. Sep	04:35	3,953				
		18. Sep	23:20	4,300	18. Sep	20:05	3,953				

Hydraulische Untersuchungen Wuhle				Monatsliste				Anlage 1.10.1				
Oktober 2001				Q m³/s				Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg				
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken				Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten				Gewässer : Wuhle				
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja				Meßstellen-Nr. :				Betreiber : Senatsverwaltung Berlin				
Am Bahndamm				Wuhletal U/S-Bahn KA Falkenberg								
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P Marz. mm	Bemerkungen
1	1,703		1,110	13:30	2,240	23:05	1,417	0,286	1,394	0,309	7,8	DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF
2	1,761		1,110	14:45	2,500	04:25	1,412	0,349	1,209	0,552	2,0	
3	2,187		1,250	Oft : 2	3,370	18:05	1,893	0,294	1,605	0,582	12,3	
4	1,754		1,360	Oft : 3	2,510	00:00	1,363	0,391	1,224	0,531		
5	1,425		1,000	Oft : 2	1,700	18:55	1,159	0,265	1,189	0,236		
6	1,319		0,850	Oft : 3	1,620	Oft : 3	1,068	0,251	1,116	0,203		
7	1,243		0,760	15:05	1,670	Oft : 2	1,026	0,217	1,136	0,107	1,0	
8	1,361		0,820	13:35	1,850	02:30	1,132	0,229	1,250	0,111	2,0	
9	1,399		0,890	Oft : 2	1,930	02:35	1,137	0,262	1,131	0,268		
10	1,282		0,790	Oft : 3	1,630	Oft : 2	1,048	0,234	1,096	0,186	1,6	
11	1,564		1,010	12:15	2,280	22:45	1,419	0,145	1,413	0,151	3,3	
12	1,424		0,850	Oft : 2	2,170	00:05	1,100	0,324	1,098	0,325		
13	1,233		0,760	Oft : 3	1,650	20:15	0,990	0,242	1,043	0,189		
14	1,226		0,710	15:40	1,710	21:35	1,000	0,226	1,103	0,123		
15	1,297		0,920	12:30	1,540	03:25	1,032	0,265	1,126	0,171		
16	1,241		0,760	12:20	1,550	Oft : 2	1,010	0,231	0,516	0,725		
17	1,239		0,740	13:30	1,540	03:40	1,014	0,225	1,053	0,186		
18	1,209		0,740	12:10	1,470	19:05	0,983	0,226	1,075	0,135		
19	1,263		0,840	13:20	1,500	Oft : 5	1,050	0,213	1,112	0,151		
20	1,199		0,680	Oft : 3	1,590	Oft : 2	0,992	0,207	1,100	0,100		
21	1,212		0,650	Oft : 2	1,790	21:10	1,025	0,186	1,150	0,062	1,8	
22	1,529		0,930	13:10	2,000	21:00	1,315	0,214	1,365	0,164	2,1	
23	1,302		0,730	13:20	1,720	Oft : 2	0,995	0,307	1,083	0,219		
24	1,236		0,740	12:45	1,610	Oft : 2	1,064	0,172	1,053	0,184	0,8	
25	1,253		0,800	Oft : 2	1,540	18:50	1,083	0,170	1,154	0,099		
26	1,227		0,760	Oft : 3	1,520	18:30	1,057	0,170	1,121	0,106		
27	1,274		0,680	13:20	1,920	23:50	1,098	0,176	1,190	0,084	1,8	
28	1,237		0,620	Oft : 2	1,870	Oft : 4	1,071	0,166	1,022	0,214		
29	1,460		0,680	13:55	2,350	Oft : 2	1,282	0,177	1,398	0,062	4,0	
30	1,394		0,830	11:15	2,220	00:15	1,230	0,164	1,047	0,347		
31	1,272		0,790	13:00	1,680	Oft : 2	1,108	0,164	1,107	0,165		
hm³	3,691						3,074	0,618				
Summe	42,72						35,58	7,147			40,5	
Mittel	1,378						1,148	0,231	1,151	0,227		

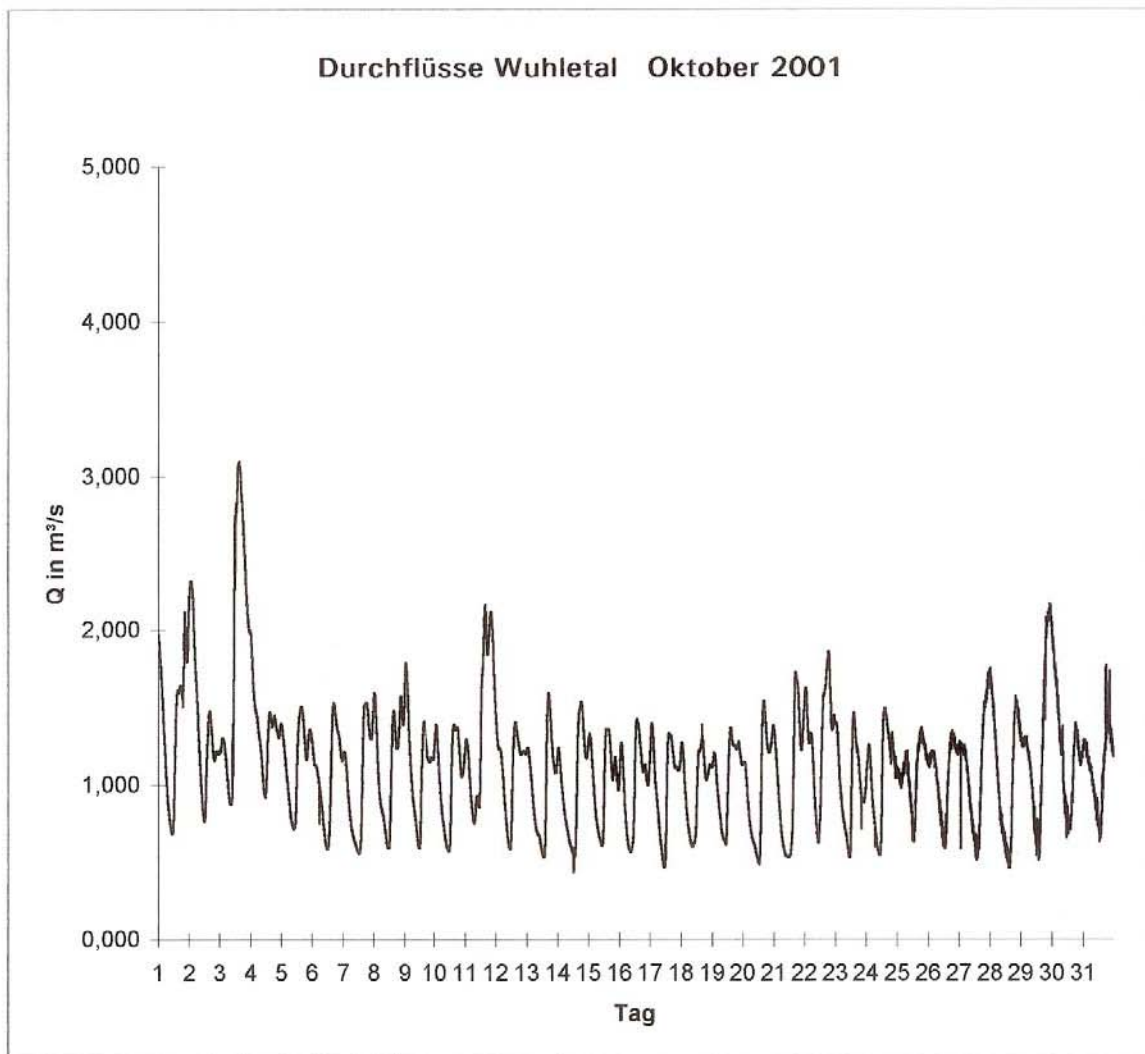
Gegenüberstellung Am Bahndamm				Wuhletal			
Haupt-oder	NQ1 NQ2	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
		28. Okt	14:20	0,62	14. Okt	12:40	0,432
		21. Okt	13:50	0,65	28. Okt	14:30	0,460
	HQ1	3. Okt	18:05	3,37	3. Okt	15:10	3,096
Extrem-werte	HQ2	4. Okt	00:00	2,510	2. Okt	01:30	2,326
	HQ3	2. Okt	04:25	2,500	3. Okt	11:35	2,318

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.10.2
Oktober 2001	Q m³/s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer : Wuhle
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin



Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	28. Okt	14:20	0,62	14. Okt	12:40	0,432
	NQ2	21. Okt	13:50	0,65	28. Okt	14:30	0,460
Extrem- werte	HQ1	3. Okt	18:05	3,37	3. Okt	15:10	3,096
	HQ2	4. Okt	00:00	2,510	2. Okt	01:30	2,326
	HQ3	2. Okt	04:25	2,500	3. Okt	11:35	2,318

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.10.3	2001
Oktober 2001	Q m³/s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Fall Wuhle	
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer :	
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Betreiber: Senatsverwaltung Berlin (Schweser)	



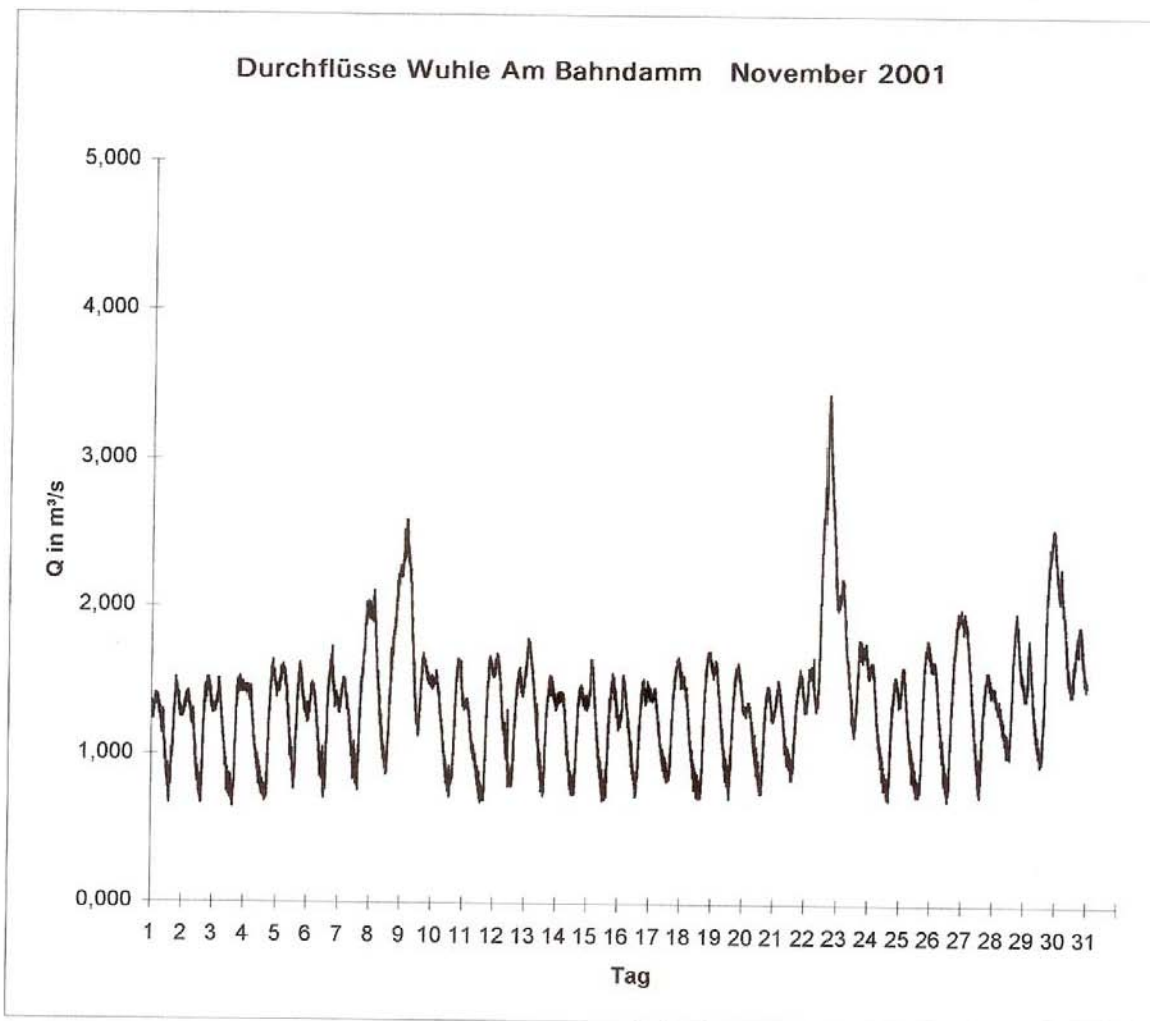
Gegenüberstellung		Am Bahndamm			Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	28. Okt	14:20	0,62	14. Okt	12:40	0,432
	NQ2	21. Okt	13:50	0,65	28. Okt	14:30	0,460
Extrem- werte	HQ1	3. Okt	18:05	3,37	3. Okt	15:10	3,096
	HQ2	4. Okt	00:00	2,510	2. Okt	01:30	2,326
	HQ3	2. Okt	04:25	2,500	3. Okt	11:35	2,318

Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste			Anlage 1.10.4		
Oktober 2001						Q m³/s			Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg		
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken						Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten			Gewässer : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)		
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja											
Wuhletal S-Bahn Straußberg						Zufluß KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	1,417		0,684	Oft : 4	2,131	23:55	1,394	0,192	3,098	120419	
2	1,412		0,763	Oft : 3	2,326	Oft : 2	1,209	0,296	2,400	104435	
3	1,893		0,871	Oft : 9	3,096	15:10	1,605	0,358	2,803	138689	
4	1,363		0,922	Oft : 2	1,987	Oft : 2	1,224	0,315	2,015	105718	
5	1,159		0,713	Oft : 2	1,505	Oft : 6	1,189	0,336	1,853	102695	
6	1,068		0,583	Oft : 5	1,526	16:55	1,116	0,305	2,135	96454	
7	1,026		0,554	Oft : 4	1,526	Oft : 4	1,136	0,276	2,144	98176	
8	1,132		0,590	Oft : 10	1,591	Oft : 2	1,250	0,194	2,660	107969	
9	1,137		0,590	Oft : 5	1,786	Oft : 2	1,131	0,291	1,972	97755	
10	1,048		0,569	11:30	1,390	Oft : 2	1,096	0,244	2,032	94665	
11	1,419		0,749	07:25	2,160	15:40	1,413	0,351	2,482	122056	
12	1,100		0,583	11:15	1,469	00:00	1,098	0,259	1,759	94910	
13	0,990		0,526	Oft : 4	1,591	17:00	1,043	0,143	2,138	90135	
14	1,000		0,432	12:40	1,534	18:20	1,103	0,344	2,002	95275	
15	1,032		0,605	Oft : 2	1,361	Oft : 15	1,126	0,299	2,010	97245	
16	1,010		0,562	Oft : 2	1,426	Oft : 3	0,516	0,147	0,700	44614	
17	1,014		0,461	Oft : 2	1,397	Oft : 2	1,053	0,003	2,033	90992	
18	0,983		0,598	09:00	1,390	16:10	1,075	0,346	1,867	92849	
19	1,050		0,612	Oft : 2	1,368	Oft : 2	1,112	0,282	1,838	96047	
20	0,992		0,482	Oft : 2	1,541	16:20	1,100	0,294	2,034	94999	
21	1,025		0,526	Oft : 7	1,728	16:55	1,150	0,249	2,209	99367	
22	1,315		0,626	10:40	1,858	18:50	1,365	0,117	2,254	117912	
23	0,995		0,526	Oft : 4	1,462	Oft : 2	1,083	0,195	2,002	93573	
24	1,064		0,540	10:35	1,493	Oft : 2	1,053	0,300	1,925	90943	
25	1,083		0,630	Oft : 2	1,370	18:55	1,154	0,100	1,890	99704	
26	1,057		0,590	Oft : 2	1,350	18:35	1,121	0,176	1,993	96874	
27	1,098		0,510	13:30	1,740	23:35	1,190	0,196	2,527	102795	
28	1,071		0,460	Oft : 2	1,750	00:00	1,022	0,160	1,986	88343	
29	1,282		0,510	14:05	2,170	Oft : 2	1,398	0,081	2,722	120789	
30	1,230		0,660	11:25	2,040	00:25	1,047	0,327	2,005	90491	
31	1,108		0,630	13:05	1,770	18:00	1,107	0,438	1,911	95608	
hm³	3,07							Min Q	Max Q		
Summe	35,58									3082496	
Mittel	1,148						1,151	0,246	2,110	99435,3	

Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
Haupt-oder	NQ1	Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
	NQ2	28. Okt	14:20	0,62	14. Okt	12:40	0,432
		21. Okt	13:50	0,65	28. Okt	14:30	0,460
	HQ1	3. Okt	18:05	3,37	3. Okt	15:10	3,096
Extrem-werte	HQ2	4. Okt	00:00	2,510	2. Okt	01:30	2,326
	HQ3	2. Okt	04:25	2,500	3. Okt	11:35	2,318

Hydraulische Untersuchungen Wuhle						Monatsliste				Anlage 1.11.1			
November 2001						Q m³/s		Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg					
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken								Gewässer : Wuhle					
Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten								Meßstellen-Nr. :					
Mitteleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja								Betreiber : Senatsverwaltung Berlin					
Am Bahndamm						Wuhletal		U/S-Bahn KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q Wtal m³/s	DQ Wt m³/s	Q KA F m³/s	DQ KA F m³/s	P mm	Marz.	Bemerkungen
1	1,201		0,670	14:00	1,520	19:10	1,032	0,169	1,046	0,156			DQ=Kö - Wtal oder Kö - KAF
2	1,214		0,670	14:45	1,520	Oft : 2	1,044	0,170	1,070	0,144			
3	1,181		0,650	15:20	1,530	20:30	1,010	0,171	1,040	0,141			
4	1,158		0,690	15:10	1,640	21:10	0,989	0,170	1,153	0,005	0,1		
5	1,334		0,770	13:30	1,620	17:55	1,165	0,169	1,144	0,190			
6	1,269		0,710	12:35	1,730	19:00	1,099	0,170	1,165	0,105	0,9		
7	1,372		0,760	14:50	2,040	Oft : 2	1,198	0,174	1,337	0,035	3,1		
8	1,603		0,870	12:50	2,280	23:25	1,428	0,174	1,524	0,079	5,3		
9	1,780		1,130	Oft : 2	2,590	Oft : 2	1,612	0,168	1,289	0,491			
10	1,247		0,720	13:55	1,650	Oft : 2	1,076	0,170	1,094	0,152			
11	1,159		0,680	14:00	1,670	21:05	0,988	0,172	1,136	0,024			
12	1,306		0,790	Oft : 2	1,690	02:25	1,135	0,171	1,189	0,116	1,7		
13	1,331		0,730	14:05	1,790	02:10	1,162	0,169	1,081	0,251			
14	1,206		0,740	Oft : 3	1,480	19:10	1,079	0,127	1,061	0,145			
15	1,217		0,700	12:10	1,650	Oft : 7	0,941	0,276	1,030	0,187	0,1		
16	1,234		0,730	13:30	1,550	04:00	0,988	0,246	0,641	0,593			
17	1,256		0,830	13:35	1,670	22:20	1,014	0,242	1,150	0,106	0,2		
18	1,228		0,720	Oft : 3	1,710	Oft : 7	0,969	0,259	1,138	0,090			
19	1,313		0,720	14:00	1,650	03:00	1,001	0,312	1,111	0,202			
20	1,184		0,750	Oft : 2	1,480	Oft : 2	0,906	0,278	1,037	0,147			
21	1,265		0,850	Oft : 2	1,590	20:20	0,994	0,271	1,122	0,143	2,4		
22	2,084		1,300	00:10	3,440	16:10	1,685	0,399	1,609	0,475	11,0		
23	1,685		1,140	13:05	2,200	Oft : 2	1,254	0,431	1,231	0,454			
24	1,232		0,710	15:50	1,640	Oft : 4	0,922	0,311	1,091	0,142			
25	1,255		0,740	Oft : 3	1,790	Oft : 3	0,990	0,265	1,122	0,133			
26	1,405		0,710	13:10	2,000	23:05	1,126	0,279	1,283	0,122	3,0		
27	1,415		0,740	14:10	1,980	01:30	1,097	0,318	1,111	0,304	1,1		
28	1,419		1,000	Oft : 2	1,980	17:35	1,149	0,270	1,237	0,182	0,8		
29	1,619		0,950	12:15	2,550	22:05	1,372	0,246	1,558	0,060	7,2		
30	1,802		1,420	Oft : 3	2,390	23:20	1,363	0,439	1,229	0,573			
hm³	3,540						2,919	0,621					
Summe	40,97						33,79	7,188			36,90		
Mittel	1,366						1,126	0,240	1,168	0,198			
Gegenüberstellung Am Bahndamm						Wuhletal							
Haupt- oder	NQ1	03. Nov	15:20	0,650			20. Nov	11:50	0,461				
	NQ2	01. Nov	14:00	0,670			26. Nov	10:50	0,475				
	HQ1	22. Nov	16:10	3,440			22. Nov	14:00	2,786				
Extrem- werte	HQ2	9. Nov	03:45	2,590			9. Nov	03:55	2,420				
	HQ3	22. Nov	13:50	2,590			22. Nov	13:20	2,412				

Hydraulische Untersuchungen Wuhle	Monatsliste	Anlage 1.11.2
November 2001	Q m ³ /s	Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken	Tagesmittelwerte aus 5 Minutenwerten	Gewässer : Wuhle
Mitteuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja		Meßstellen-Nr. : Betreiber : Senatsverwaltung Berlin



Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	03. Nov	15:20	0,650	20. Nov	11:50	0,461
	NQ2	01. Nov	14:00	0,670	26. Nov	10:50	0,475
Extrem- werte	HQ1	22. Nov	16:10	3,440	22. Nov	14:00	2,786
	HQ2	9. Nov	03:45	2,590	9. Nov	03:55	2,420
	HQ3	22. Nov	13:50	2,590	22. Nov	13:20	2,412

Hydraulische Untersuchungen Wuhle

Monatsliste

Anlage 1.11.3

November 2001

Q

Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm

m³/s

Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg

Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken

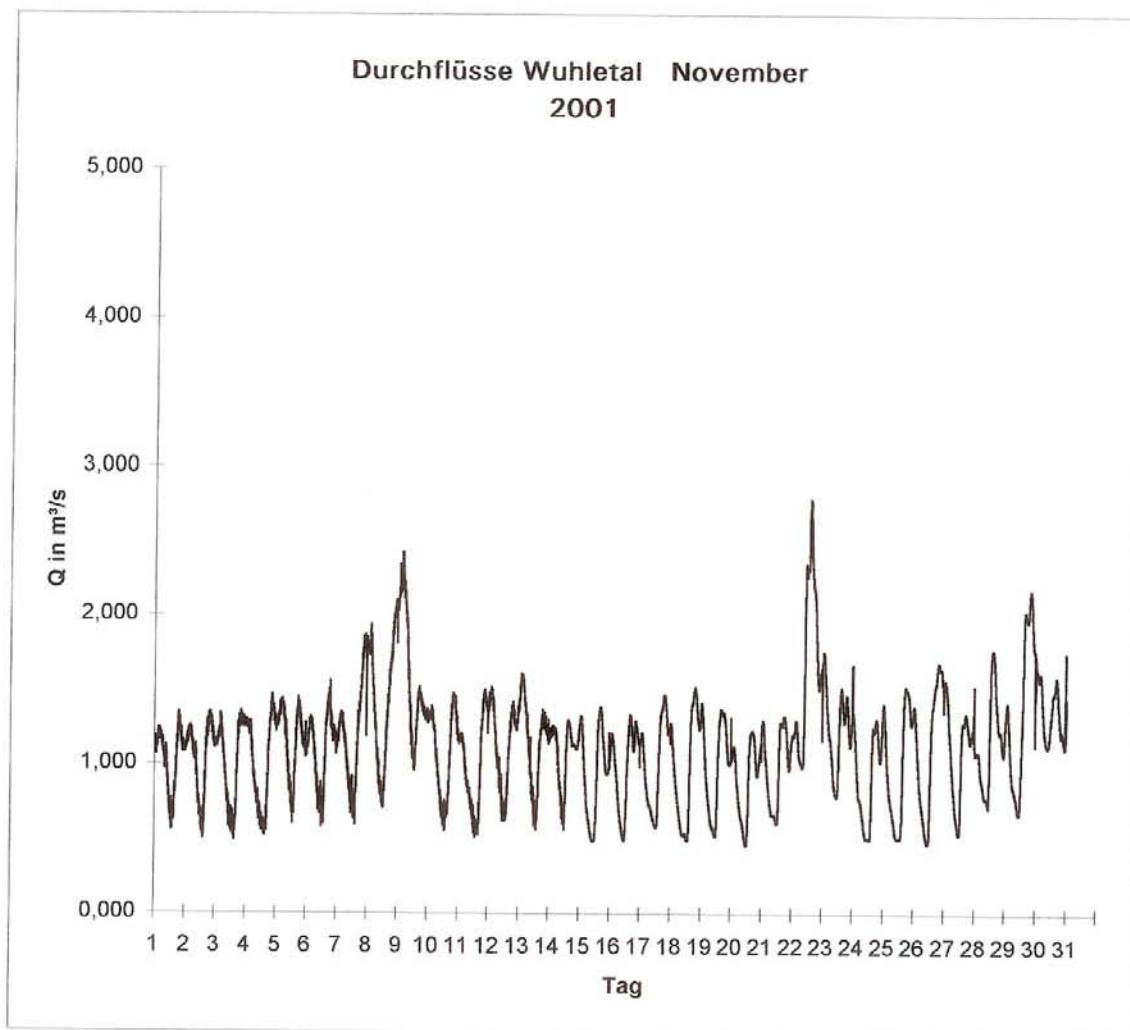
Gewässer : Wuhle

Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten

Betreiber : Senatsverwaltung Berlin

Mittleuropäische Sommerzeit : Nein / Ja

(Schweser)



Gegenüberstellung Am Bahndamm

Wuhletal

		Tag	Uhrzeit	Q m³/s	Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	03. Nov	15:20	0,650	20. Nov	11:50	0,461
	NQ2	01. Nov	14:00	0,670	26. Nov	10:50	0,475
Extrem- werte	HQ1	22. Nov	16:10	3,440	22. Nov	14:00	2,786
	HQ2	9. Nov	03:45	2,590	9. Nov	03:55	2,420
	HQ3	22. Nov	13:50	2,590	22. Nov	13:20	2,412

Hydraulische Untersuchungen Wuhle				Monatsliste		Anlage 1.11.4					
November 2001				Q m³/s		Durchflußmeßstellen : Am Bahndamm, Wuhletal und Zufluß KA Falkenberg					
Lage : Ultraschallmeßanlagen unter den Brücken				Tagesmittelwerte aus 5Minutenwerten		Gewässer : Wuhle					
Mittleuropäische Sommerzeit : <u>Nein</u> / Ja						Betreiber : Senatsverwaltung Berlin (Schweser)					
Wuhletal S-Bahn Straußberg						Zufluß KA Falkenberg					
Tag	Q m³/s	E1	Min Q m³/s	Zeit	Max Q m³/s	Zeit	Q m³/s	Min Q l/s	Max Q l/s	Su. Tag Tm³/d	Bemerkungen
1	1,032		0,560	14:00	1,350	19:15	1,046	0,000	1,961	90348	
2	1,044		0,500	14:50	1,350	Oft : 2	1,070	0,189	1,945	92435	
3	1,010		0,490	15:30	1,360	20:40	1,040	0,187	1,983	89818	
4	0,989		0,520	15:20	1,470	21:20	1,153	0,290	2,116	99620	
5	1,165		0,600	13:40	1,450	18:05	1,144	0,297	2,173	98871	
6	1,099		0,580	12:30	1,560	19:10	1,165	0,338	2,275	100631	
7	1,198		0,590	15:00	1,870	Oft : 2	1,337	0,258	2,447	115516	
8	1,428		0,710	13:00	2,100	23:35	1,524	0,342	2,587	131665	
9	1,609		0,960	Oft : 2	2,420	Oft : 2	1,289	0,256	2,393	111354	
10	1,076		0,550	14:05	1,480	20:20	1,094	0,157	2,223	94564	
11	0,988		0,510	14:10	1,500	21:15	1,136	0,138	2,301	98116	
12	1,135		0,620	Oft : 2	1,520	02:35	1,189	0,325	1,959	102767	
13	1,162		0,560	14:15	1,610	Oft : 2	1,081	0,108	1,982	93389	
14	1,079		0,562	Oft : 4	1,296	Oft : 5	1,061	0,272	1,731	91647	
15	0,941		0,482	Oft : 13	1,390	16:45	1,030	0,285	1,958	88971	
16	0,988		0,490	Oft : 5	1,332	16:20	0,641	0,331	1,102	55409	
17	1,014		0,576	Oft : 4	1,469	Oft : 9	1,150	0,305	2,023	99329	
18	0,970		0,490	Oft : 9	1,519	19:20	1,138	0,187	2,167	98320	
19	1,001		0,518	Oft : 2	1,418	Oft : 3	1,111	0,236	1,968	96003	
20	0,906		0,461	Oft : 6	1,231	16:45	1,037	0,274	1,850	89619	
21	0,994		0,605	Oft : 11	1,325	Oft : 7	1,122	0,144	2,153	96979	
22	1,685		0,986	Oft : 4	2,786	14:00	1,609	0,568	2,538	139018	
23	1,254		0,785	11:20	1,757	01:00	1,231	0,020	2,122	106375	
24	0,922		0,497	Oft : 9	1,397	00:05	1,091	0,211	2,042	94258	
25	0,990		0,504	Oft : 17	1,526	17:35	1,122	0,193	1,952	96983	
26	1,126		0,475	Oft : 9	1,685	Oft : 6	1,283	0,148	2,158	110859	
27	1,097		0,533	Oft : 9	1,570	Oft : 2	1,111	0,218	1,893	95988	
28	1,149		0,713	11:05	1,771	Oft : 2	1,237	0,216	2,478	106855	
29	1,372		0,670	Oft : 3	2,174	20:00	1,558	0,300	2,587	134638	
30	1,363		1,110	23:15	1,735	23:55	1,229	0,541	2,143	106228	
hm³/Mo	2,919						Min Q		Max Q		
Summe	33,79									3026573,0	
Mittel	1,126						1,168	0,000	2,587	100885,8	

Gegenüberstellung Am Bahndamm					Wuhletal		
	Tag	Uhrzeit	Q m³/s		Tag	Uhrzeit	Q m³/s
Haupt- oder	NQ1	03. Nov	15:20	0,650	20. Nov	11:50	0,461
	NQ2	01. Nov	14:00	0,670	26. Nov	10:50	0,475
Extrem- werte	HQ1	22. Nov	16:10	3,440	22. Nov	14:00	2,786
	HQ2	9. Nov	03:45	2,590	9. Nov	03:55	2,420
	HQ3	22. Nov	13:50	2,590	22. Nov	13:20	2,412

Danksagung

Herzlich danken möchte ich

- Herrn Dr. Gerhard Ginzel für die wertvolle fachliche Betreuung bei der Anfertigung dieser Dissertation. Durch die jetzt schon mehrjährige Zusammenarbeit in verschiedensten Projekten wurde mein fachlicher Blick auf die wesentlichen Zusammenhänge geschärft und die Sichtweise eines einfachen „Rohringenieurs“ bei der Bearbeitung von hydrogeologischen Fragestellungen erweitert.
- Herrn Prof. Dr. Gunnar Nützmann für seine Geduld und Unterstützung. Seine pragmatischen Lösungsvorschläge waren nicht nur bei der Erstellung dieser Arbeit sondern auch während meiner Zeit am Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei sehr wertvoll.
- Herrn Prof. Dr. E.h. Hermann H. Hahn, Ph.D. für die Begleitung und Begutachtung meiner bisherigen akademischen Abschlussarbeiten und für seine mit viel Herzblut verbundene Darstellung der Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft an der Universität Karlsruhe.
- Herrn Dr. Dietrich Jahn für die kurzfristige Bereiterklärung zur Begutachtung dieser Arbeit.
- Herrn Benno Bjarsch für die konstruktive Unterstützung bei der Erfassung der Hydraulik sowie für die Bereitstellung seines profunden Wissens der historischen Entwicklung der Wuhle.
- meinem Referats- und Dienstbereichsleiter der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Herrn Peter Winter für die Unterstützung bei meiner „Nebentätigkeit“.

Für die Finanzierung des Forschungsvorhabens „Nachhaltige Wasserwirtschaft - Entwicklung eines Bewertungs- und Prüfsystems“ danke ich der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Während der Bearbeitung des Teilprojektes Grundwasser wurde der Grundstein für diese Arbeit gelegt.

Allen Institutsangehörigen und Studenten des Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei, die direkt oder indirekt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben sei mein herzlicher Dank ausgesprochen.

Nancy und Tobias Ertl danke ich für ihre liebevolle Unterstützung, die sie mir zuteil werden lassen.

Für ihre Geduld, ihr Verständnis und die vielen kleineren und auch größeren Hilfeleistungen danke ich meinen Freunden, meiner Schwester und ganz besonders meinen Eltern.

Lebenslauf

1970	geboren in Reutlingen/Baden-Württemberg
1977-1981	Schüler der Grund- und Hauptschule Ubstadt
1981-1990	Besuch des Justus-Knecht-Gymnasiums in Bruchsal mit Abschluss Abitur
1990	Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Fridericiana zu Karlsruhe, Vertiefungsfach: Wasserbau/Siedlungswasserwirtschaft
1996	Vertieferarbeit: Bilanzierung einer mit Deponiesickerwasser beschickten Pflanzenkläranlage - Hydraulik und Schadstoffreduktion.
1998	Diplomarbeit: Auswirkungen der Wiedervernässung mit Klar- und Mischwasser im ehemaligen Rieselfeld Karolinenhöhe auf die Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit.
01/1999-06/2001	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin Forschungsgebiete: nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung, Grundwassermodellierung, Ausbreitung von Schadstoffen, Interaktion: Grundwasser – Oberflächengewässer, Rieselfeldstandorte
07/2001-07/2003	Selbstständige Tätigkeit (Ingenieurbüro f. Grundwasserfragen) - Modellierung des Schwermetallverhaltens auf den ehemaligen Rieselfeldern Berlin-Buch - Hydrologisch-hydrogeologisches Konzept zur Restaurierung des Wasserhaushaltes im NSG Stechlin (Südteil) - Bewertung durchgeführter Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushaltes im nördlichen Teil des NSG Stechlin und Wasserhaushaltliche Untersuchungen am Polzowkanal zwischen Nehmitzsee und Zernikower Mühle - Hydrogeologisches Gutachten zur Begleitung der Renaturierungsmaßnahmen für den Wasserhaushalt und die Wasserqualität im Südteil des NSG Stechlin und im Einzugsgebiet des Dollgower Sees
Seit 08/2003	Wissenschaftlicher Angestellter an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe am Dienstbereich Berlin - Projektleitung des Grundwasser-Dauermonitorings auf dem Truppenübungsplatz Altmark in der Colbitz-Letzlinger Heide.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Christoph Ertl, dass die hier vorliegende Dissertation zum Thema „Analyse eines urbanen Gewässereinzugsgebietes als Planungsgrundlage nachhaltiger Wasserbewirtschaftung am Beispiel der Wuhle im Raum Berlin“ von mir selbst und ohne unzulässige Hilfe Dritter verfasst wurde. Die Dissertation stellt auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dar. Alle benutzten Hilfsmittel sowie die Literatur sind vollständig angegeben. Die Dissertation wird erstmalig und nur an der Humboldt-Universität / Berlin eingereicht.

Berlin, den 23.02.07

Christoph Ertl